

СТ2.13

А 941

П. П. АФАНАСЬЕВ, А. Б. ДЬЯКОВ, В. А. ИЛАРИОНОВ

---

# КОНСТРУКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

« МАШИНОСТРОЕНИЕ »



672.13  
А 944  
Л. Л.

КОР

Допущен  
с  
в качестве  
«Ор

МОСК

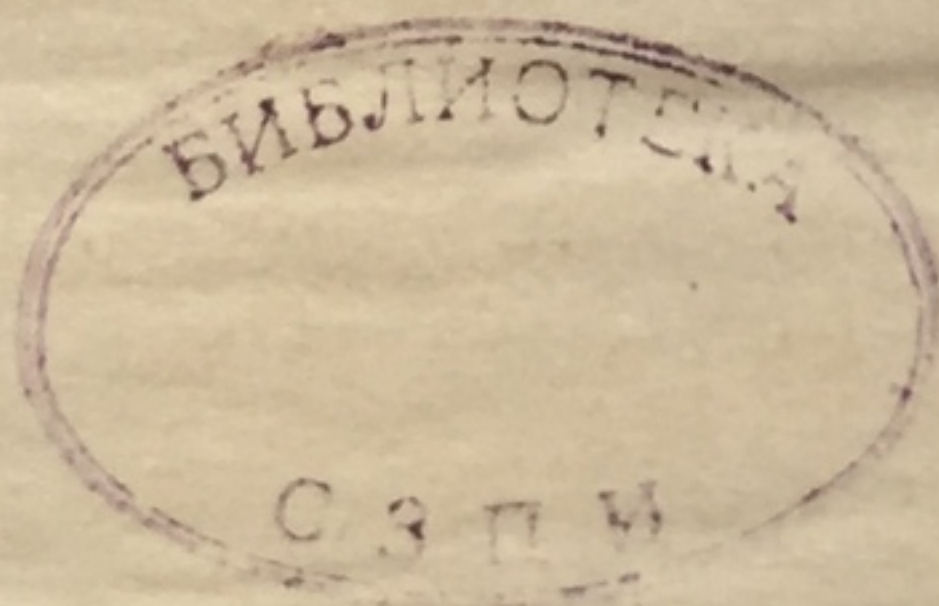


6Т2.13  
А 941

Л. Л. АФАНАСЬЕВ, А. Б. ДЬЯКОВ,  
В. А. ИЛАРИОНОВ

# КОНСТРУКТИВНАЯ безопасность автомобиля

*Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР  
в качестве учебного пособия для студентов вузов,  
обучающихся по специальности  
«Организация дорожного движения»*



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1983



ББК 39.33  
А94  
УДК 629.113.073.27 (075.8)

Рецензенты: кафедра «Автомобили и тракторы» Тольяттинского политехнического института и канд. техн. наук М. А. Андронов

Редактор Л. И. Егоркина

Афанасьев Л. Л. и др.

А94 Конструктивная безопасность автомобиля: Учеб. пособие для студентов втузов, обучающихся по специальности «Организация дорожного движения» / Л. Л. Афанасьев, А. Б. Дьяков, В. А. Иларионов. — М.: Машиностроение, 1983. — 212 с. ил.

В пер. 65 к.

В учебном пособии приведены основные отечественные и международные нормативные акты, регламентирующие конструктивную безопасность автомобилей. Рассмотрены эксплуатационные свойства автомобиля, влияющие на его активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность. Показано значение тяговой и тормозной динамичности, устойчивости, управляемости, плавности хода и информативности автомобиля для снижения числа и тяжести дорожно-транспортных происшествий. Рассмотрена зависимость безопасности дорожного движения от технического состояния агрегатов и узлов автомобиля. Описана конструкция перспективного безопасного автомобиля.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Организация дорожного движения».

А 3603030000-120  
038(01)-83 120-83

ББК 39.33  
6Т2.1

© Издательство «Машиностроение», 1983 г.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава I. Виды безопасности автомобиля и нормативные документы	4
§ 1. Дорожно-транспортное происшествие и виды безопасности автомобиля	4
1. Понятие о дорожно-транспортном происшествии . . . . .	7
2. Виды безопасности . . . . .	8
§ 2. Нормативные документы по конструктивной безопасности автомобиля . . . . .	13
Глава II. Активная безопасность автомобиля . . . . .	13
§ 3. Эксплуатационные свойства автомобиля . . . . .	13
1. Автомобиль как основной элемент транспортного потока . . . . .	13
2. Измерители и показатели эксплуатационных свойств . . . . .	15
§ 4. Компонентные параметры автомобиля . . . . .	15
1. Габаритные параметры . . . . .	20
2. Весовые параметры . . . . .	21
§ 5. Тяговая динамичность автомобиля . . . . .	21
1. Измерители и показатели тяговой динамичности . . . . .	21
2. Силы, действующие на автомобиль . . . . .	25
3. Максимальные скорость и ускорение автомобиля . . . . .	27
4. Время и путь обгона . . . . .	35
5. Влияние технического состояния автомобиля на тяговую динамичность . . . . .	37
6. Пути повышения тяговой динамичности автомобиля . . . . .	37
§ 6. Тормозная динамичность автомобиля . . . . .	37
1. Значение тормозной динамичности для безопасности дорожного движения . . . . .	39
2. Измерители и показатели тормозной динамичности . . . . .	43
3. Замедление, время и путь при торможении автомобиля . . . . .	48
4. Испытание автомобилей на тормозную динамичность . . . . .	52
5. Время и путь незавершенного обгона . . . . .	55
6. Влияние технического состояния автомобиля на тормозную динамичность . . . . .	58
7. Пути повышения тормозной динамичности автомобиля . . . . .	66
§ 7. Устойчивость автомобиля . . . . .	66
1. Измерители и показатели устойчивости . . . . .	67
2. Курсовая устойчивость . . . . .	71
3. Поперечная устойчивость . . . . .	78
4. Устойчивость переднего и заднего мостов . . . . .	81
5. Продольная устойчивость . . . . .	81
§ 8. Управляемость автомобиля . . . . .	81
1. Значение управляемости автомобиля для безопасности движения . . . . .	85
2. Поворачиваемость автомобиля . . . . .	92
§ 9. Плавность хода автомобиля . . . . .	92
1. Значение плавности хода автомобиля для безопасности движения . . . . .	95
2. Отрыв колес от дороги . . . . .	95



§10. Влияние технического состояния автомобиля на его устойчи- вость, управляемость и плавность хода . . . . .	96
§ 11. Виды информативности автомобиля . . . . .	102
§12. Внешняя визуальная информативность автомобиля . . . . .	105
1. Кузов автомобиля . . . . .	105
2. Световозвращатели . . . . .	106
3. Система автономного освещения автомобиля . . . . .	109
4. Система внешней световой сигнализации автомобиля . . . . .	123
§ 13. Внутренняя визуальная информативность автомобиля . . . . .	127
1. Панель приборов . . . . .	127
2. Обзорность автомобиля . . . . .	131
§ 14. Звуковая информативность автомобиля . . . . .	135
1. Звуковые сигнализаторы . . . . .	136
2. Несущая волна . . . . .	137
§ 15. Рабочее место водителя . . . . .	137
1. Сиденье . . . . .	138
2. Органы управления . . . . .	143
3. Физико-химические условия на рабочем месте водителя . . . . .	147
4. Системы вентиляции, отопления и кондиционирования . . . . .	153
<b>Глава III. Пассивная безопасность автомобиля . . . . .</b>	<b>156</b>
§ 16. Оценка пассивной безопасности . . . . .	156
§ 17. Внутренняя пассивная безопасность . . . . .	162
1. Уменьшение инерционных нагрузок . . . . .	162
2. Ограничение перемещения людей . . . . .	167
3. Устранение гравмоопасных деталей . . . . .	177
§ 18. Внешняя пассивная безопасность . . . . .	180
<b>Глава IV. Послеаварийная и экологическая безопасность . . . . .</b>	<b>189</b>
§ 19. Послеаварийная безопасность . . . . .	189
1. Опасные явления, возникающие после ДТП . . . . .	189
2. Устройства и приборы послеаварийной безопасности . . . . .	189
§ 20. Экологическая безопасность . . . . .	191
1. Влияние автомобилизации на окружающую среду . . . . .	191
2. Токсичность отработавших газов . . . . .	193
3. Методы уменьшения загрязнения окружающей среды автомо- билями . . . . .	195
4. Шум от автомобилей . . . . .	197
5. Методы снижения уровня шума автомобилей . . . . .	199
§ 21. Экспериментальные безопасные автомобили . . . . .	200
Приложение I. . . . .	204
Приложение II. . . . .	208
Список литературы . . . . .	210



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимость повышения безопасности дорожного движения отмечена в принятых XXVI съездом КПСС «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года». Кроме того, предусмотрено ускоренное развитие опорной сети магистральных автомобильных дорог, расширение строительства автомобильных дорог в сельской местности, связывающих районные центры, центральные усадьбы колхозов и совхозов с автомобильными дорогами общего пользования.

Увеличение выпуска автомобилей и улучшение их эксплуатационных свойств приводят к повышению скорости и интенсивности движения, плотности транспортных потоков, увеличению числа водителей вообще и имеющих малый опыт вождения автомобиля в том числе. Определенное влияние на безопасность движения оказывают все еще недостаточные темпы развития опорной сети магистральных автомобильных дорог. В результате этого усложняются условия дорожного движения, повышается аварийность, возрастает число столкновений транспортных средств и наездов, увеличиваются загрязненность воздуха и уровень шума. Таким образом, наряду с бесспорными преимуществами автомобилизации страны возникает возможность увеличения человеческих и материальных потерь, связанных с авариями.

Большое значение для обеспечения безопасности дорожного движения имеет конструкция автомобиля. Отечественная промышленность выпускает транспортные средства, в основном отвечающие современным требованиям, однако условия эксплуатации настолько сложны и разнообразны, что нельзя установить предел совершенства конструкции, которую можно было бы признать эталоном по всем параметрам. Особенно это справедливо по отношению к безопасности автомобиля, который представляет собой потенциальный источник повышенной опасности для людей. Эта опасность чрезвычайно возросла в последние десятилетия, когда вследствие безудержного роста мощности двигателей и скоростей движения автомобилей безопасность движения превратилась в социальную проблему первостепенной важности.

Для повышения квалификации инженерно-технических работников автомобильного транспорта, связанных с безопасностью дорожного движения, в высших учебных заведениях введена новая специальность «Организация дорожного движения». Учебным планом этой специальности предусмотрена дисциплина «Безопасность транспортных средств». Отдельные аспекты безопасности рассматриваются и в других курсах, однако комплексное изучение конструктивной безопасности автомобиля по существу только начинается.

Авторы с благодарностью примут все замечания и пожелания относительно учебного пособия. Просим направлять их по адресу: 107076, Москва, Стромынский пер., 4, издательство «Машиностроение».



## Глава I

### ВИДЫ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ И НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

#### § 1. ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ И ВИДЫ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

##### 1. ПОНЯТИЕ О ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ ПРОИСШЕСТВИИ

Автомобили, широко используемые во всех областях народного хозяйства, выполняют значительную часть транспортных работ. Основными их преимуществами являются большая мобильность, возможность непосредственной доставки грузов и пассажиров «от двери к двери», приспособленность к транспортировке грузов с различными размерами и массой, возможность организации перевозок в короткие сроки. Эти преимущества обеспечили широкое применение автомобильного транспорта во всем мире и неуклонный рост парка подвижного состава. В 1980 г. мировой автомобильный парк составлял около 390 млн. единиц.

Наряду с положительным влиянием автомобильного транспорта на развитие народного хозяйства и его экономики, улучшение условий труда и быта населения приходится констатировать наличие и отрицательных сторон автомобилизации. Появившись в конце XIX в., автомобиль уже через несколько лет стал опасным для жизни человека. В 1896 г. было зафиксировано первое происшествие — наезд автомобиля на пешехода, в 1899 г. такое же происшествие закончилось смертью человека. С тех пор число аварий на автомобильном транспорте непрерывно увеличивается, и за последние годы оно стало особенно велико. Для иллюстрации этого положения приведем некоторые статистические данные:

число людей, погибающих в мире от автомобильных катастроф, давно превысило уровень смертности от всех инфекционных болезней, вместе взятых;

в США число людей, погибших на автомобильных дорогах от аварий (свыше 2 млн. человек), в несколько раз больше числа человеческих жертв за все войны (около 600 тыс.), которые эта страна вела за время своего существования;

ежегодно в мире от автомобильных катастроф погибает около 300 тыс. человек и более 8 млн. получают травмы; потери в результате автомобильных аварий только в США превышают 16 млрд. долларов в год.

Безопасность дорожного движения зависит от разнообразных причин. Для удобства изучения все факторы, влияющие на дорожное движение и его безопасность, условно делят на три взаимодействующих части: автомобиль, водитель и дорога. Под дорогой при этом понимают не только собственно дорогу с ее обустройством (дорож-



ное полотно, обочины, мосты), но и всю окружающую обстановку (средства регулирования, другие транспортные средства, пешеходы, зеленые насаждения, близлежащие строения) и погодноклиматические условия движения (температура, влажность воздуха, ветер, осадки, освещенность и т. д.). Объединение этих частей в единую систему водитель—автомобиль—дорога (ВАД) позволяет оптимизировать дорожное движение в комплексе, обеспечивать взаимное соответствие отдельных его элементов. Вместе с тем необходимо внимательно изучать и совершенствовать каждый элемент системы, добиваясь максимальной эффективности его функционирования во взаимодействии с остальными элементами.

Комплексный подход к изучению безопасности дорожного движения не исключает, а, напротив, предполагает детальное изучение и совершенствование каждого элемента в отдельности. Неудовлетворительное функционирование хотя бы одного из элементов системы, отсутствие четкой связи между ними, несоответствие их одного другому, даже частичное, приводит к утрате работоспособности (отказу) всей системы в целом. Отказ системы водитель—автомобиль—дорога проявляется в снижении интенсивности движения вплоть до полного его прекращения и возникновении дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

*Дорожно-транспортным происшествием* называют событие, возникшее в результате нарушения нормального режима движения транспортного средства (автомобиля, мотоцикла, троллейбуса) и повлекшее за собой смерть или травму людей (увечье, ранение, контузия), повреждение транспортных средств и грузов, искусственных сооружений (зданий, телеграфных столбов, троллейбусных мачт, парапетов), зеленых насаждений или нанесшее другой материальный ущерб. Согласно данному определению для ДТП характерно наличие двух факторов: движения автомобиля; травмы или смерти людей или значительного материального ущерба.

Причиной дорожно-транспортного происшествия часто является несоответствие одного из элементов системы водитель—автомобиль—дорога остальным элементам. Многие происшествия возникают вследствие того, что требования дорожной обстановки выше возможностей человеческого организма или конструкции транспортного средства. Органы чувств человека надежно работают лишь в сравнительно узких диапазонах нагрузок. Величины нагрузок, действующих на водителя в сложной дорожной обстановке, часто выходят за пределы этих диапазонов, что осложняет работу водителя и создает предпосылки для опасных ситуаций. Воздействие на водителя дополнительных нагрузок, вызванных недостатками конструкции автомобиля или его неудовлетворительным техническим состоянием, может резко ухудшить качество вождения, а в особенно неблагоприятных случаях привести к аварии. Напротив, удачная конструкция автомобиля, компенсирующая психофизиологические недостатки человека, может способствовать повышению безопасности дорожного движения.



Последствия одного дорожно-транспортного происшествия могут быть относительно менее тяжкими, чем, например, последствия гибели самолета или железнодорожной катастрофы, в результате которых возможны десятки и даже сотни человеческих жертв и значительные материальные убытки. Однако следует учитывать массовое распространение сухопутных транспортных средств, а также относительно большое число аварий.

Рост автомобильного парка сопровождается и другими отрицательными явлениями, особенно ярко проявляющимися в условиях стихийного развития капиталистических стран. Земля, необходимая для движения автомобилей, не может быть использована для других отраслей народного хозяйства. Основное количество вредных примесей в атмосфере — результат работы автомобилей (главным образом двигателей). Один легковой автомобиль при пробеге 1 км может выделить такое количество окиси углерода, которого достаточно для насыщения ею до предельно допустимого значения около 80 тыс. м<sup>3</sup> воздуха. Отрабатывая газы, смешиваясь с туманом, образуют плотные завесы смога, сокращающего до минимума видимость на дорогах и вредно влияющего на здоровье людей. На производство и эксплуатацию автомобилей и оборудования расходуется большое количество высококачественных материалов, что способствует истощению мировых ресурсов. На улицах крупных городов и промышленных центров уровень шума достигает 120—130 дБ, что значительно превосходит уровень шума (80—90 дБ), который длительное время может переносить человек без вредных для себя последствий. Все это свидетельствует о том, что безопасность дорожного движения является социальной проблемой, охватывающей все слои общества, все отрасли народного хозяйства.

Из трех элементов системы водитель—автомобиль—дорога наибольшей потенциальной опасностью обладает транспортное средство. Созданный для передвижения с большой скоростью автомобиль именно в силу своей подвижности, возможности быстро изменять положение на дороге и относительно других объектов, как движущихся, так и неподвижных, представляет собой источник повышенной опасности.

В каждом дорожно-транспортном происшествии условно можно выделить три фазы: начальную, кульминационную и конечную. Все три фазы неразрывно связаны между собой. Каждая фаза является логическим продолжением предыдущей и в свою очередь предопределяет развитие последующей фазы.

Начальная фаза ДТП характеризуется условиями движения автомобиля и пешеходов перед возникновением опасной ситуации. Под опасной ситуацией (обстановкой) понимают такую дорожную ситуацию (обстановку), при которой участники движения должны немедленно принять все имеющиеся в их распоряжении меры для предотвращения происшествия и снижения тяжести его последствий. Если эти меры не приняты или оказались недостаточно эффективными, то в процессе сближения автомобилей и пешеходов опасная обстановка перерастает в аварийную. Аварийной ситуацией называют такую дорожную ситуацию, при которой участники движения уже не располагают технической возможностью предотвратить ДТП, и последнее становится неизбежным.



*Кульминационная фаза ДТП* характеризуется событиями, вызывающими наиболее тяжелые последствия (разрушение автомобилей, травмирование пешеходов, пассажиров и водителей). Если в ДТП участвует относительно немного автомобилей и пешеходов, то кульминационная фаза продолжается недолго (обычно несколько секунд) и развивается на участке дороги, имеющем небольшую протяженность. В особенно неблагоприятных случаях, когда в происшествие вовлечены десятки и даже сотни автомобилей (так называемые цепные ДТП), продолжительность кульминационной фазы увеличивается и может составить несколько минут. Соответственно возрастают и размеры зоны дорожно-транспортного происшествия.

*Конечная фаза ДТП* следует за кульминационной. Конец ее часто совпадает с прекращением движения автомобилей. Однако в некоторых случаях, например, при возникновении пожара на опрокинувшемся автомобиле, конечная фаза ДТП продолжается и после его остановки.

## 2. ВИДЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Конструктивная безопасность автомобиля представляет собой сложное его свойство. Для удобства изучения отдельных аспектов ее делят на активную, пассивную, послеаварийную и экологическую.

*Активная безопасность автомобиля* — свойство автомобиля предотвращать дорожно-транспортное происшествие (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность проявляется в период, соответствующий начальной фазе ДТП, когда водитель в состоянии изменить характер движения автомобиля.

*Пассивная безопасность автомобиля* — свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивная безопасность проявляется в период, когда водитель, несмотря на принятые меры безопасности, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить дорожно-транспортное происшествие (кульминационная фаза ДТП). Различают внутреннюю пассивную безопасность, снижающую травматизм пассажиров, водителя и обеспечивающую сохранность грузов, перевозимых автомобилем, и внешнюю безопасность, которая уменьшает возможность нанесения повреждений другим участникам движения. Иногда применяют термин «агрессивность» автомобиля, как понятие, обратное его внешней пассивной безопасности.

*Послеаварийная безопасность автомобиля* — свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия после его остановки (конечная фаза ДТП). Это свойство характеризуется возможностью быстро ликвидировать последствия происшествия и предотвращать возникновение новых аварийных ситуаций.

*Экологическая безопасность автомобиля* — свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый участникам движения и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Таким образом, экологическая безопасность, проявляющаяся во время повседневной работы автомобиля, коренным образом отличается от перечисленных выше трех видов безопасности, которые выяв-



ляются лишь при дорожно-транспортном происшествии (явлении экстраординарном, хотя и распространенном).

Описанные выше виды безопасности рассматриваются изолированно один от другого, однако это делается лишь для простоты их изучения. В действительности все они связаны между собой, влияют один на другой, и не всегда можно провести четкую границу между отдельными видами безопасности. Так, например, хорошая тормозная система, позволяющая остановить автомобиль на коротком расстоянии, повышает вероятность предотвращения ДТП, улучшая активную безопасность автомобиля. Кроме того, чем эффективнее тормозная система, тем большее замедление автомобиля она обеспечивает на том же расстоянии. Следовательно, если даже не удастся предотвратить наезд или столкновение, то вероятная тяжесть последствий ДТП все же будет меньше, т. е. повысится пассивная безопасность. Замки автомобильных дверей должны выдерживать большие перегрузки, не открываясь, чтобы предотвратить выпадение пассажиров при ДТП (пассивная безопасность). Вместе с тем они не должны заклиниваться и препятствовать эвакуации пострадавших из автомобиля (послеаварийная безопасность). Взаимосвязь различных видов безопасности и противоречивость требований, предъявляемых к конструкции автомобиля, вынуждают конструкторов и технологов принимать компромиссные решения. При этом неизбежно ухудшаются одни свойства, менее существенные для автомобиля данного типа, и улучшаются другие, имеющие большее значение.

## § 2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Обеспечение безопасности дорожного движения невозможно без его четкой регламентации и последовательного выполнения учреждениями, предприятиями и организациями, а также всеми гражданами требований нормативных актов, без строгого соблюдения социалистической законности на автомобильном транспорте. Каждая страна с развитым автомобильным транспортом имеет свои законы и нормативные акты, содержащие требования к конструкции подвижного состава и его техническому состоянию.

В этих актах основное внимание раньше уделялось техническим неисправностям автомобиля, препятствовавшим его безопасной эксплуатации. Это обстоятельство имеет большое значение, так как в процессе работы автомобиля детали его изнашиваются, увеличиваются зазоры, нарушается регулировка узлов, ослабевают крепления деталей и агрегатов, — все это может привести к выходу автомобиля из строя и аварии. Поэтому в правилах дорожного движения указывались технические неисправности, при наличии которых эксплуатация автомобиля считалась недопустимой по соображениям безопасности.



Однако оценки одного технического состояния автомобилей оказалось недостаточно. Внимательное изучение причин дорожно-транспортных происшествий показало, что в настоящее время большинство аварий происходит с технически исправными, часто даже новыми, автомобилями, а тяжесть последствий ДТП определяется не столько изношенностью узлов и деталей, сколько соответствием конструкции автомобилей сложным условиям дорожного движения. Стала очевидной необходимость определения совершенства конструкции автомобиля в отношении его безопасности и разработка системы показателей для количественной ее оценки. Такая работа началась с середины 60-х годов одновременно в нескольких странах.

В нашей стране над усовершенствованием конструкции автомобилей и повышением уровня их безопасности работают научно-исследовательские (НАМИ, НАТИ, НИИАТ) и учебные (МВТУ, МАДИ, ХАДИ, СибАДИ и др.) институты, конструкторские бюро заводов-изготовителей и технические управления министерств. Каждая новая модель автомобиля проходит государственные испытания, в процессе которых межведомственная комиссия оценивает конструктивную безопасность и соответствие ее показателей действующим нормам.

Требования к подвижному составу и отдельным системам и устройствам сформулированы в государственных (ГОСТ) и отраслевых (ОСТ) стандартах, а также в отраслевых нормах (ОН) — см. приложение. Эти документы, как правило, подготавливаются министерствами и ведомствами, в чьем ведении находятся заводы, выпускающие автомобили, прицепы и оборудование. Многие требования изложены в правилах дорожного движения и правилах технической эксплуатации отдельных видов транспортных средств (автомобилей, прицепов, трамваев, троллейбусов). В 1969 г. в СССР были введены первые специальные нормативные документы по конструктивной безопасности автомобилей. Подобные документы систематически пересматриваются и дополняются, что позволяет непрерывно повышать конструктивную безопасность автомобилей.

При разработке отечественных документов учитывается практика международных организаций, имеющих опыт в регламентации мероприятий по конструктивной безопасности автомобилей и располагающих сформулированными требованиями ко многим элементам конструкции.

Развитие международных перевозок грузов и пассажиров, расширение международного туризма потребовали унификации правил дорожного движения и норм безопасности. В 1958 г. в рамках Комитета по внутреннему транспорту Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) в Женеве с участием СССР было подписано соглашение о принятии единообразных условий и о взаимном признании официального утверждения предметов оборудования и частей моторных перевозочных средств (документ ЕЭК Е/ECE/324—E/ECE TRANS 505). В соглашении участники обязались:



1. Разрабатывать и принимать единые рекомендации, предусматривающие требования к тому или иному узлу или параметру транспортного средства, методику испытаний на соответствие этим требованиям, знак официального утверждения.

2. Вводить данные рекомендации в качестве законоположений в своих странах, если это будет признано целесообразным. Любая из стран-участниц может, если имеет соответствующее оборудование, проводить испытания по рекомендуемым методикам, проверяя соответствие узла или параметра автомобиля требованиям, содержащимся в рекомендациях. В случае удовлетворительных результатов испытаний присваивать описанный в данной рекомендации знак официального утверждения транспортного средства в отношении этого требования.

3. На территории всех стран-участниц соглашения признавать знак международного утверждения, присвоенный страной, проводившей испытание. Считать, что узел или параметр автомобиля, которому присвоен знак международного утверждения, отвечает требованию законодательства во всех странах-участницах, применивших рекомендацию, принятую ЕЭК ООН.

Страны-участницы соглашения имеют право не принимать ту или иную рекомендацию, утвержденную ЕЭК ООН, или принимать ее с оговорками, извещая в обоих случаях ЕЭК ООН. Рекомендации ЕЭК ООН вводятся в качестве законов в тех странах, в которых, как правило, до этого не были разработаны требования к данному узлу или параметру автомобиля или же имелись менее строгие требования. Страны-участницы, считающие, что им необходимы более жесткие требования, обычно пользуются методиками испытаний, имеющимися в рекомендациях ЕЭК ООН. Требования ЕЭК ООН можно рассматривать как минимальные.

Помимо общих рекомендаций ЕЭК ООН в качестве приложений к Соглашению 1958 г. приняла 40 Правил, в которых содержатся конкретные требования к различным системам, узлам, агрегатам и приборам автомобилей в отношении его безопасности. Сформулированы требования к световым и сигнальным системам (№ 1—8, 19, 20, 23, 31, 37, 38), к ремням безопасности и сиденьям (№ 14, 16, 17, 25), к рулевому управлению (№ 12), к тормозной системе (№ 13), к шинам (№ 30). Нормативы по пассивной безопасности изложены в Правилах № 9, 10, 15, 24. В приложении к данной книге перечислены Правила ЕЭК ООН и соответствующие им отечественные нормативные документы. Правила ЕЭК ООН относятся в основном к легковым автомобилям, отечественные документы — к транспортным средствам всех видов.

Согласно принятой ЕЭК ООН классификации транспортные средства делятся на четыре категории, обозначаемые соответственно индексами L, M, N и O. Категория L объединяет транспортные средства, имеющие менее четырех колес и полную массу менее 1000 кг. На них распространяются Правила ЕЭК ООН № 1—3, 9, 10, 13, 15, 19, 20, 23, 31, 37 и 38. В категорию M включаются транспортные средства, имеющие три или четыре колеса и полную массу более 1000 кг.



Сюда входят практически все виды легковых автомобилей и автобусов. На них распространяются Правила № 1—21, 23, 25—28, 30—35, 37—39. Категория *M* объединяет транспортные средства для перевозки грузов, имеющие три или четыре колеса и полную массу более 1000 кг. На транспортные средства этой категории распространяются Правила ЕЭК ООН № 1—10, 13, 15, 18—20, 23, 28, 31, 37—39. На транспортные средства категории *O* (прицепы и полуприцепы) распространяются Правила ЕЭК ООН № 3, 4, 6, 7, 13, 23, 37, 38. Основные требования перечисленных выше документов изложены ниже.

Разработанные предписания по каждой категории транспортных средств систематически перерабатываются, дополняются и уточняются. Упраздняются устаревшие нормативы и вводятся новые, более строгие требования. Разрабатываются специальные предписания по методам испытаний различных систем и устройств, обеспечивающих безопасность подвижного состава. В ближайшем будущем по активной безопасности автомобилей предполагается ввести технические требования к противоблокировочным тормозным устройствам и нормировать методы их испытаний. Для повышения пассивной безопасности автомобилей предусматривается введение новых предписаний по ударно-прочностным свойствам кабины и кузова и системам индивидуальной защиты водителя и пассажиров. При этом будут использованы критерии биомеханической выносливости человека к ударным нагрузкам и расширена номенклатура видов испытаний автомобилей. Рассматриваются пути повышения внешней безопасности автомобилей при наездах на пешеходов и других незащищенных участников движения. Большое внимание уделяется экологической безопасности. ЕЭК ООН предполагает принять новые и ужесточить действующие Правила, нормирующие содержание токсичных компонентов в отработавших газах, уровни шума и радиопомех. В перспективе намечена разработка предписаний по снижению расхода топлива транспортными средствами всех категорий, продлению срока службы подвижного состава, рациональному расходу невозобновляемых природных ресурсов (в первую очередь жидкого топлива).

Большую работу по созданию новых и унификации существующих требований к конструкции автомобиля в отношении его безопасности проводит Международная организация по стандартизации (ISO), объединяющая более 80 стран, в том числе и СССР. Ее технический комитет 22 «Дорожный транспорт» занимается международной стандартизацией в автомобилестроении. Основное направление работ этого комитета — стандартизация, взаимозаменяемость автомобильного подвижного состава. В составе комитета функционирует более 20 подкомитетов, многие из которых непосредственно заняты конструктивной безопасностью транспортных средств.

Так, например, подкомитет ПК2 занимается стандартизацией тормозных систем подвижного состава, эффективностью торможения автопоездов, противоблокировочными тормозными системами, тормозными накладками и тормозной жидкостью.

Подкомитет ПК8 работает над стандартизацией приборов освещения, сигнализации и стеклоочистителей, а подкомитет ПК9 исследует критерии



§ 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ

1. АВТОМОБИЛ  
ТРАНС

Для современных авто  
большого количества разно  
щихся одновременно и об  
Параметры движения этого  
соотношения в нем трансп

Состав транспортного по-  
данных условиях он состоит из  
бусов, троллейбусов, трам-  
городных дорогах трамвай  
циклов и автобусов уменьш  
тракторные поезда, а также  
и строительные самоходные  
зеры, краны и т. д.).  
Наблюдения

Наблюдения за транспор-  
товую их массу составляю-  
дится, как правило, до 75—  
ответственно высока и доля уча-  
стных происшествий. В средние  
исшествия с автомобилями 10  
самоходными механизмами 1—2  
важностями и троллейбусами 10  
ся основным элементом транспор-  
та во многом зависит безопасно-  
сти в этом отношении применительно  
к этому вопросу рассматриваются  
влияющие на безопасность.

2. Измерение эффективности эксплуатации оборудования в условиях ограниченных ресурсов.

2. Измерение эффективности эксплуатации оборудования в условиях ограниченных ресурсов.

2. Измерение эффективности эксплуатации оборудования в условиях ограниченных ресурсов.



## Глава II

### АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

#### § 3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЯ

##### 1. АВТОМОБИЛЬ КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Для современных автомобильных дорог характерно наличие большого количества разнообразных транспортных средств, движущихся одновременно и образующих единый транспортный поток. Параметры движения этого потока зависят от его состава, т. е. от соотношения в нем транспортных средств различного типа.

Состав транспортного потока может быть различным. В городских условиях он состоит из легковых и грузовых автомобилей, автобусов, троллейбусов, трамваев, мотоциклов и автопоездов. На загородных дорогах трамваи и троллейбусы отсутствуют, число мотоциклов и автобусов уменьшается, зато могут двигаться тракторы, тракторные поезда, а также различного рода сельскохозяйственные и строительные самоходные машины и механизмы (грейдеры, бульдозеры, краны и т. д.).

Наблюдения за транспортными потоками показывают, что основную их массу составляют автомобили, на долю которых приходится, как правило, до 75—80% всех транспортных средств. Соответственно высока и доля участия автомобиля в дорожно-транспортных происшествиях. В среднем из общего числа происшествий происшествия с автомобилями составляют 80—85%, с тракторами и самоходными механизмами 10—15%, с мотоциклами 2—3%, с трамваями и троллейбусами 1—2%. Таким образом, автомобиль является основным элементом транспортного потока и от его безопасности во многом зависит безопасность дорожного движения в целом. Поэтому безопасность транспортных средств изучают сейчас в первую очередь применительно к автомобилю. У других транспортных средств рассматриваются лишь специфические особенности, влияющие на безопасность.

##### 2. ИЗМЕРИТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Возможность эффективного использования автомобиля в определенных условиях и соответствие его конструкции требованиям эксплуатации определяют по его эксплуатационным свойствам. Для оценки отдельных эксплуатационных свойств служит система измерителей и показателей.



*Измеритель* — это параметр, характеризующий эксплуатационное свойство автомобиля. Например, измерителями динамичности автомобиля служат скорость и ускорение. Измеритель характеризует эксплуатационное свойство с качественной стороны; иногда для полной оценки свойства необходимо несколько измерителей.

*Показатель* — это число, характеризующее величину измерителя, его количественное значение. Показатель позволяет оценить эксплуатационное свойство автомобиля при определенных условиях работы. Обычно показатель используют для установления граничных возможностей автомобиля в конкретных условиях эксплуатации. Так, одним из показателей тяговой динамичности автомобиля является максимальная скорость, развиваемая им на горизонтальном участке дороги с хорошим покрытием.

*Качеством автомобиля*, как любого вида продукции, называют совокупность свойств, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением (ГОСТ 15467—79).

Согласно классификации, предложенной Е. А. Чудаковым, к эксплуатационным свойствам автомобиля относятся динамичность, топливная экономичность, устойчивость, управляемость, проходимость, плавность хода, надежность, вместимость и др. Измерители этих свойств долгое время успешно применялись для оценки конструкции автомобиля и ее соответствия условиям эксплуатации, однако в настоящее время они уже не удовлетворяют в полной мере требованиям автомобильного транспорта.

Количественный рост автомобильного парка, увеличение скорости и плотности движения привели к резкому росту аварийности, борьба с которой во всем мире стала первостепенной задачей. В процессе изучения причин аварийности и поисков путей ее уменьшения стала очевидной необходимость комплексного изучения всех факторов, влияющих на безопасность автомобилей. С этой целью было введено понятие о конструктивной безопасности автомобиля, как об особом его эксплуатационном свойстве. Такое понятие дает возможность всесторонне изучить преимущества и недостатки принятых конструктивно-технологических решений.

Конструктивная безопасность является одним из обобщающих свойств автомобиля. Для количественной его характеристики применяют как показатели других эксплуатационных свойств (минимальный тормозной путь, максимальное замедление, критические скорости по условиям заноса и опрокидывания и т. п.), так и новые показатели, специфические только для отдельных аспектов безопасности. Как и другие эксплуатационные свойства, безопасность является функцией общих параметров автомобиля, выходных характеристик агрегатов и их технического состояния.

Активная безопасность автомобиля зависит от его габаритных и весовых параметров, тяговой и тормозной динамичности, устойчивости и управляемости. Эти свойства подробно изучаются в курсе «Теория автомобиля», ниже рассмотрены лишь отдельные вопро-



сы, необходимые для оценки конструктивной безопасности автомобиля. Большое значение для активной безопасности автомобиля имеет его *информативность*, под которой понимают свойство автомобиля обеспечивать необходимой информацией водителя и других участников движения. Водитель в зависимости от конструкции автомобиля получает информацию об окружающей обстановке, характере его движения, режиме работы агрегатов и систем. Другие участники движения благодаря информативности автомобиля имеют возможность определить его тип, скорость и направление движения и прогнозировать на ближайшее будущее расположение его на дороге и расстояние до других транспортных средств.

Возможность реализации эксплуатационных свойств, заложенных в конструкцию автомобиля, зависит от оборудования рабочего места водителя, от его соответствия требованиям эргономики. Отличительной чертой конструктивной безопасности автомобиля является необходимость сохранения всех ее показателей на допустимом уровне в течение всего срока службы автомобиля. Можно примириться с некоторым ухудшением топливной экономичности или комфортабельности автомобиля в процессе его эксплуатации, но этого нельзя сделать в отношении безопасности.

Автомобиль должен быть безопасным в любое время, при любой погоде, в любых дорожных ситуациях. Выполнить такое требование чрезвычайно трудно, так как безопасность автомобиля зависит от многих причин. Каждый работник автомобильного транспорта должен уметь, хотя бы приблизительно, оценивать конструктивную безопасность автомобиля, знать конструктивные возможности автомобилей основных марок и моделей и определять причины, способствующие ухудшению их безопасности.

## § 4. КОМПОНОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЯ

### 1. ГАБАРИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Для обеспечения безопасности дорожного движения все транспортные средства, допускаемые к эксплуатации на дорогах общего пользования, должны удовлетворять требованиям, ограничивающим их размеры и массу. Такие требования во всех странах устанавливаются в законодательном порядке.

Геометрические параметры (габаритные длина  $L_a$  и ширина  $B_a$ , база  $L$ ) автомобиля имеют большое значение для формирования транспортного потока по ширине и длине, а также для его безопасности. При движении автомобиль подвергается воздействию различных случайных возмущений, стремящихся изменить характер движения. К таким возмущениям относятся удары колес о неровности покрытия, изменение поперечного уклона дороги, боковой ветер, случайный поворот передних колес и т. д. В результате этих возмущений автомобиль отклоняется от принятого направления



движения, и водитель вынужден поворачивать рулевое колесо, возвращая автомобиль в исходное положение. Вследствие этого даже на строго прямолинейных участках дороги автомобиль движется не прямолинейно, а по кривым больших радиусов. При этом значительную часть времени он находится под углом к оси дороги, и размер полосы, потребной для его движения, — динамический коридор, превышает его габаритную ширину.

Ширина динамического коридора зависит от размеров автомобиля и его скорости. На рис. 1, а показан автомобиль, передние колеса которого в результате случайного толчка повернулись на некоторый угол (положение I). За время реакции водителя автомобиль, двигаясь криволинейно, переместит-

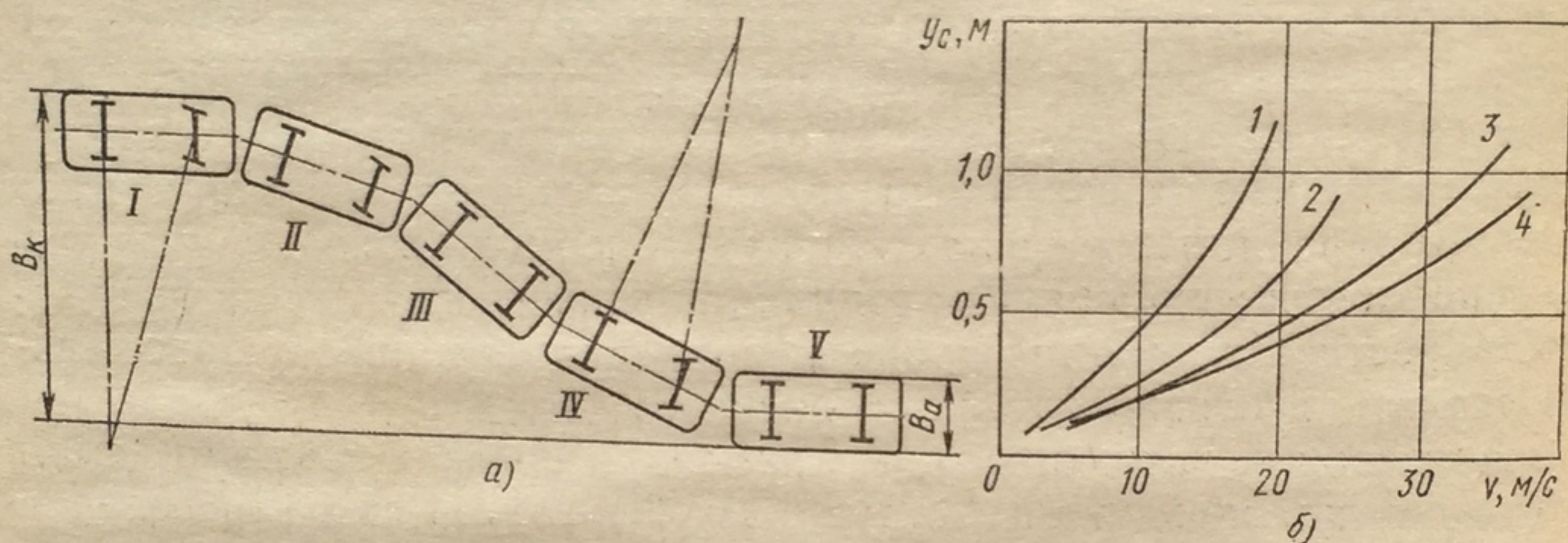


Рис. 1. Динамический коридор на прямолинейном участке дороги:  
а — схема движения автомобиля; б — поперечное смещение  $y_c$  центра тяжести автомобилей в зависимости от их скорости  $v$ :  
1 — ЗИЛ-130; 2 — ГАЗ-53А; 3 — ГАЗ-24 «Волга»; 4 — ВАЗ-2103 «Жигули»

ся в положение II. После этого водитель, вращая рулевое колесо, сначала вернет передние колеса в центральное положение (положение III), а затем, повернув их в обратном направлении (положение IV), установит автомобиль параллельно прежнему направлению движения (положение V). На рис. 1, б показаны экспериментальные зависимости поперечного смещения  $y_c$  центра тяжести некоторых автомобилей от скорости движения  $v$ . Смещение это тем больше, чем больше скорость. Следовательно, ширина динамического коридора увеличивается по мере роста скорости автомобиля. Одновременно возрастает вероятность столкновения с попутными и встречными автомобилями и наезда на окружающие объекты.

Строительные нормы и правила (СНиП) на проектирование дорог предусматривают для дорог с интенсивностью движения свыше 3000 автомобилей в сутки ширину полосы движения 3,75 м, а для дорог с меньшей интенсивностью 3,0—3,5 м. Эти размеры не всегда обеспечивают безопасный разъезд автомобилей, поэтому водитель, чтобы избежать столкновения, вынужден снижать скорость. Чем меньше ширина полосы движения на дороге и чем больше габаритные размеры автомобиля, тем более жесткие требования предъявляются к водителю, тем больше его нервное напряжение при управлении автомобилем.

На рис. 1, а показана минимальная ширина динамического коридора  $B_k$ , определенная лишь из геометрических соображений. Для безопасного разъезда автомобилей размер  $B_k$  необходимо увеличить, так как между автомобилями должен быть создан боковой интервал безопасности. Величина этого интервала зависит как от психофизиологических особенностей водителя и его опыта, так и от скорости транспортных средств. В расчетах величину  $B_k$  иногда принимают постоянной и равной примерно 0,3—0,5 м.



На основании наблюдений за большим числом автомобилей установлена примерная ширина полосы движения для транспортных средств различных видов, м:

Легковые автомобили . . . . .	2,8—3,1
Грузовые автомобили и автобусы . . . . .	3,5—4,3
Крупногабаритные грузовые автомобили и троллейбусы . . . . .	3,7—4,5

Примечание. Минимальные значения характеризуют ширину полосы, по которой транспортные средства движутся со скоростью 11 м/с, максимальные значения — то же, со скоростью 33 м/с.

В технической литературе опубликованы также эмпирические зависимости между габаритной шириной автомобиля  $B_a$ , скоростью его движения  $v$  и шириной динамического коридора  $B_k$ . Одна из этих зависимостей имеет следующий вид:

$$B_k = 0,054v + B_a + 0,3,$$

где  $v$  — в м/с, а  $B_a$  — в м.

Ширина динамического коридора, необходимая для безопасного движения автомобилей с высокими скоростями, иногда значительно превышает ширину полосы движения, установленную СНиП. Следует учитывать, что расширение проезжей части дороги требует значительной затраты труда, времени и средств, поскольку стоимость дорожной одежды составляет 65—75% общей стоимости дороги. На узких дорогах водители вынуждены вести автомобиль с меньшей скоростью, чем позволяют его технические возможности. Водители, не соразмерившие скорость движения с габаритными размерами управляемого автомобиля и дорожными условиями, могут стать участниками дорожно-транспортного происшествия.

Для автопоездов ширина динамического коридора с увеличением скорости возрастает быстрее, чем для одиночного автомобиля, вследствие угловых колебаний прицепов или полуприцепов в горизонтальной плоскости (виляния). При определенной скорости размахи прицепов становятся настолько большими, что водитель не может устранить их поворотом рулевого колеса и вынужден уменьшать скорость.

Еще более заметно влияние геометрических параметров автомобиля на безопасность при криволинейном движении. Хотя при крутых поворотах скорости автомобиля обычно невелики и случайные возмущения незначительны, ширина динамического коридора может быть достаточно большой. Ее можно определить по формуле (рис. 2, а)

$$B_k = R_n - R_v = R_n - \sqrt{R_n^2 - (L')^2} + B_a, \quad (1)$$

где  $R_n$  и  $R_v$  — соответственно наружный и внутренний габаритные радиусы поворота автомобиля;  $L' = L + C$  — расстояние от заднего моста до передней части автомобиля ( $L$  — база автомобиля;  $C$  — передний свес).

Согласно выражению (1) при малых значениях  $L'$  ширина динамического коридора незначительно отличается от габаритной шири-



ны автомобиля ( $B_n \approx B_a$ ). При  $L' \approx R_n$  величина  $B_n$  может значительно превышать  $B_a$ , что вынуждает строителей расширять полосы движения на криволинейных участках дорог. Уширение дорог, рекомендуемое СНиП, находится в пределах от 0,2 (при радиусе кривой 550—700 м) до 1,5 м (при радиусе кривой 15 м). На криволинейных участках дороги с большим радиусом требуемое уширение полосы движения невелико, но на криволинейных участках с малым радиусом она должна быть расширена почти в 1,5 раза.

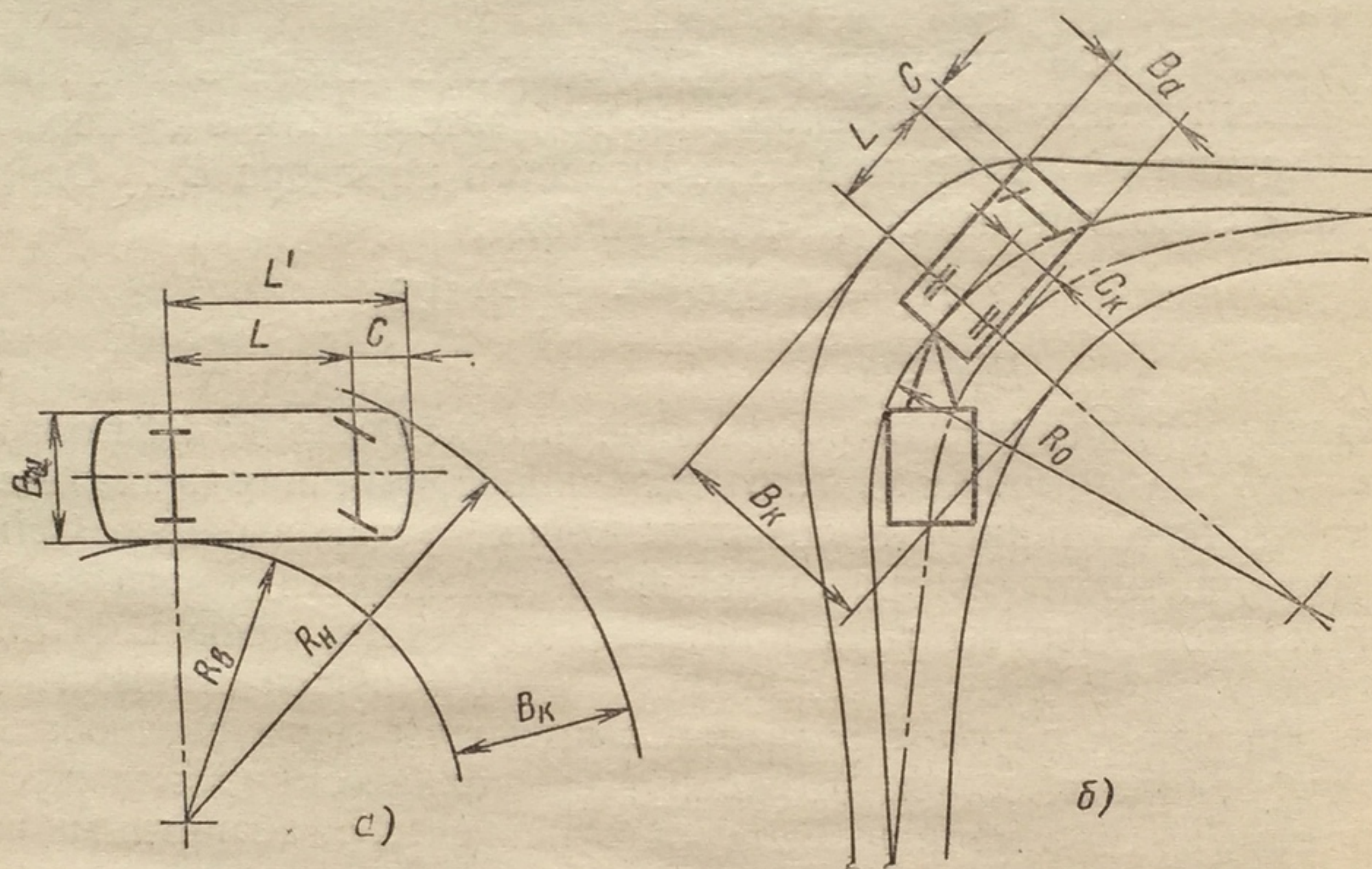


Рис. 2. Динамический коридор на криволинейном участке дороги: а — поворот одиночного автомобиля; б — поворот автопоезда

Учитывая большое влияние геометрических параметров транспортных средств на безопасность движения, рекомендуются следующие их максимально допустимые значения (в м):

Габаритная ширина	2,5
Габаритная длина:	
одиночного автомобиля	12
тягача с прицепом или полуприцепом	20
тягача с несколькими прицепами	24

В табл. 1 приведены геометрические параметры отечественных автомобилей. Ширина динамического коридора  $B_n$  вычислена для максимального крутого поворота. Как видно из данных табл. 1, при движении автомобиля, когда его передние колеса повернуты на максимальный угол, ширина динамического коридора примерно в 1,5 раза больше его габаритной ширины, а у автобусов ЛАЗ-695Н и ЛиАЗ-677 — примерно в 2 раза.

Габаритная высота  $H_a$  имеет значение при проезде автомобилей под путепроводами и проводами контактной сети. Чрезмерно высокие транспортные средства (например, двухэтажные троллейбусы или автобусы, полуприцепы-панелевозы или автомобили-фургоны)

Примечание. В таблице  
высота автомобиля;  $G_a$  — полный  
ствено на передний и задний ме

с высоко расположенными  
ные угловые колебания  
неровной дороге они мо  
ту. Максимально допу  
средств составляет 3,8 м  
тельно меньше этой вел  
близка к ней.

Полоса движения авт  
гурацию (рис. 2, б). С  
стороны она ограничена  
пера тягача, а с внут  
Ширина динамического  
из него примерно равна  
максимального значения

где  $R_0$  — радиус крив  
жется середина заднего  
ответственно ширина  
него моста прице

Автомобиль	$L_a$	$G_a$
ЗАЗ-968А «Запорожец»	3,73	1,57
ВАЗ-2103 «Жигули»	4,12	1,61
«Москвич-2140»	4,25	1,55
ГАЗ-24 «Волга»	4,74	1,82
ГАЗ-14 «Чайка»	6,11	2,02
ЗИЛ-117	5,72	2,07
РАФ-2203 «Латвия»	4,90	1,82
ПАЗ-672	7,15	2,44
ЛАЗ-695Н	10,54	2,50
ЛиАЗ-677	10,45	2,50
УАЗ-451ДМ	4,46	2,04
ГАЗ-53А	6,39	2,38
ЗИЛ-130	6,67	2,53
КамАЗ-5320	7,40	2,50
МАЗ-500А	7,14	2,50



# 1. Геометрические и весовые параметры отечественных автомобилей, влияющие на безопасность

Автомобиль	Геометрические параметры, м							Весовые параметры, кН		
	$L_a$	$B_a$	$H_a$	$L$	$L'$	$R_H$	$B_K$	$G_a$	$G_1$	$G_2$
ЗАЗ-968А «Запорожец»	3,73	1,57	1,40	2,16	2,84	5,9	2,3	11,6	4,7	6,9
ВАЗ-2103 «Жигули»	4,12	1,61	1,45	2,42	3,05	5,9	2,5	14,3	6,6	7,7
«Москвич-2140»	4,25	1,55	1,48	2,40	3,14	5,70	2,5	14,8	6,8	8,0
ГАЗ-24 «Волга»	4,74	1,82	1,49	2,80	3,56	6,00	3,0	18,2	8,7	9,5
ГАЗ-14 «Чайка»	6,11	2,02	1,52	3,45	4,61	8,20	3,4	31,5	15,3	16,2
ЗИЛ-117	5,72	2,07	1,52	3,30	4,16	7,90	3,3	32,6	15,4	17,2
РАФ-2203 «Латвия»	4,90	1,82	2,14	2,70	3,70	6,60	3,0	26,3	12,4	13,9
ПАЗ-672	7,15	2,44	2,95	3,60	4,80	9,50	3,7	78,3	25,4	52,9
ЛАЗ-695Н	10,54	2,50	3,09	5,54	7,62	9,50	6,3	114,2	39,7	74,5
ЛиАЗ-677	10,45	2,50	2,99	5,15	7,40	11,0	5,4	140,5	57,4	83,1
УАЗ-451ДМ	4,46	2,04	2,07	2,30	3,30	6,80	2,9	26,6	11,2	15,4
ГАЗ-53А	6,39	2,38	2,22	3,70	4,57	9,00	3,6	74,0	18,1	55,9
ЗИЛ-130	6,67	2,50	2,40	3,80	4,87	8,60	4,0	95,2	25,7	69,5
КамАЗ-5320	7,40	2,50	3,37	3,85	5,12	9,30	4,5	153,0	43,7	109,3
МАЗ-500А	7,14	2,50	2,64	3,95	5,30	9,50	4,1	148,2	48,2	100

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения:  $H_a$  — габаритная высота автомобиля;  $G_a$  — полный вес автомобиля;  $G_1$  и  $G_2$  — вес, приходящийся соответственно на передний и задний мосты автомобиля.

с высоко расположенным центром тяжести испытывают значительные угловые колебания в поперечной плоскости. При движении по неровной дороге они могут верхним углом задеть за столб или мачту. Максимально допустимая габаритная высота транспортных средств составляет 3,8 м. Высота большинства автомобилей значительно меньше этой величины, но высота автомобиля КамАЗ-5320 близка к ней.

Полоса движения автопоезда на повороте имеет сложную конфигурацию (рис. 2, б). С внешней по отношению к центру поворота стороны она ограничена траекторией края переднего крыла или бампера тягача, а с внутренней стороны — задним углом прицепа. Ширина динамического коридора при входе в поворот и при выходе из него примерно равна габаритной ширине автопоезда и достигает максимального значения  $B_{Kmax}$  приблизительно в середине поворота:

$$B_{Kmax} \approx \sqrt{\left(R_a + \frac{B_a}{2}\right)^2 + (L + C)^2} + \frac{B_a}{2} + C_K - R_0,$$

где  $R_0$  — радиус кривизны круговой траектории, по которой движется середина заднего моста тягача;  $B_a$ ,  $L$  и  $C$  — габаритные соответственно ширина, база и передний свес тягача;  $C_K$  — сдвиг заднего моста прицепа относительно моста тягача.



Величина сдвига  $C_k$  зависит от числа прицепных звеньев, их базы и длины дышла. При движении автопоезда по дуге минимального радиуса величина сдвига для первого прицепа составляет 0,7—1,0 м, для второго 1,4—2,0 м. Ширина динамического коридора автопоезда значительно больше, чем у одиночного автомобиля с той же габаритной шириной. Так, например, для грузового автомобиля с прицепом при  $R_0 = 6$  м и  $C_k = 1$  м максимальная ширина коридора может достигать 6 м, т. е. больше чем вдвое превосходит габаритную ширину тягача. Большая ширина полосы движения, занимаемой автопоездами, наряду с их неудовлетворительной динамичностью является одной из причин снижения скорости транспортного потока при наличии в нем автопоездов.

Для улучшения маневренности автопоезда и уменьшения ширины динамического коридора применяют прицепы с управляемыми передними колесами. Рационально сконструированный рулевой привод позволяет прицепу с большой точностью следовать по колею тягача, почти не увеличивая ширины динамического коридора.

## 2. ВЕСОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Масса транспортного средства для безопасности движения имеет косвенное значение. Ее влияние в основном сказывается на сроках службы дорожного покрытия. Покрытие длительное время выдерживает движение автомобилей, не разрушаясь, только в том случае, если оно рассчитано с учетом величины возможных нагрузок и частоты их приложения. Срок службы покрытия значительно увеличивается, если при организации автомобильных перевозок учитывать прочность дорожной одежды. Многократное динамическое воздействие транспортных средств на дорогу приводит к накоплению пластических деформаций в дорожной одежде, нарушению внутренних связей между ее слоями и, как следствие, к разрушению одежды. Покрытие, имеющее достаточный запас прочности, при расчете на однократное воздействие нагрузки разрушается при ее многократном приложении.

Чем больше масса транспортного средства, тем больше динамические нагрузки на дорогу, тем меньше срок службы покрытия. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества применения подвижного состава большой массы, во всех странах строго соблюдают ограничение осевых нагрузок и полных масс транспортных средств. В СССР все дорожные автомобили разделены на две группы: А и Б. Транспортные средства группы А могут работать только на дорогах с усовершенствованным капитальным покрытием. Предельная осевая нагрузка у них составляет 100 кН, а для двух спаренных мостов 180 кН.

Транспортные средства группы Б могут работать на дорогах любых типов. Предельная осевая нагрузка у них равна 60 кН, а для двух спаренных мостов 110 кН.

Осевые нагрузки отечественных автомобилей приведены в табл. 1.



## § 5. ТЯГОВАЯ ДИНАМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

### 1. ИЗМЕРИТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЯГОВОЙ ДИНАМИЧНОСТИ

Тяговая динамичность автомобиля имеет первостепенное значение для повышения его производительности и снижения затрат на перевозки. Чем динамичнее автомобиль, тем быстрее он перевозит грузы и пассажиров, тем меньше он тратит времени на передвижение, тем выше его средняя скорость. Условия движения автомобиля непрерывно меняются, что приводит к изменению его скорости. Для безопасности движения необходимо, чтобы скорость в любой момент точно соответствовала дорожным условиям и психофизиологическим возможностям водителя.

Во время дорожного движения происходят события, нарушающие этот процесс и влекущие за собой вредные последствия. Тяжесть последствий, как правило, возрастает с увеличением скорости. Таким образом, для дорожного движения характерно наличие двух тенденций. С одной стороны, желательно увеличить скорость транспортного потока, так как это сокращает время доставки грузов и пассажиров, повышает производительность подвижного состава, с другой — верхний предел скорости ограничивается опасностью возникновения ДТП. Поэтому повышение скорости автомобилей возможно лишь при одновременном обеспечении безопасности их движения. Повышение показателей тяговой динамичности автомобиля должно сопровождаться улучшением его конструктивной безопасности, усовершенствованием дорожных условий и организации движения.

При оценке тяговой динамичности автомобиля используют такие измерители, как скорость, ускорение, время и путь разгона или наката. Для безопасности движения имеют значение следующие показатели тяговой динамичности: максимальная скорость  $v_{\max}$  и ускорение  $j_{\max}$ , а также минимальные время  $t_p$  и путь  $S_p$  разгона на горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества.

При определении этих показателей считают, что возможности автомобиля ограничены лишь мощностью двигателя, работающего с полной нагрузкой, и сцеплением шин с дорогой. Остальные ограничения, накладываемые, например, комфортабельностью или условиями работы водителя, не учитывают. В связи с этим рассматривают лишь прямолинейное движение автомобиля, особенности же криволинейного движения исследуют в разделах, посвященных устойчивости и управляемости автомобиля.

### 2. СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА АВТОМОБИЛЬ

Силы и моменты, действующие на автомобиль, который разгоняется на подъеме, показаны на рис. 3. Из теории автомобиля известно уравнение движения автомобиля, связывающее эти силы:

$$P_T - P_{\Pi} - P_{\Sigma} - P_B = 0, \quad (2)$$

где  $P_T$  — сила тяги на ведущих колесах автомобиля;  $P_{\Pi}$  — приведенная сила инерции автомобиля;  $P_{\Sigma} = P_K + P_{\Sigma}$  — сила сопротивления



тивления дороги ( $P_K$  — сила сопротивления качению;  $P_{\Pi}$  — сила сопротивления подъему);  $P_B$  — сила сопротивления воздуха.

Рассмотрим последовательно эти силы.

Сила тяги  $P_T$  представляет собой отношение момента  $M_T$  на полуосях к радиусу  $r$  ведущих колес при равномерном движении автомобиля:

$$P_T = M_T/r = M_e u_{тр} \eta_{тр}/r, \quad (3)$$

где  $M_e$  — эффективный крутящий момент двигателя, Н·м;  $u_{тр}$  и  $\eta_{тр}$  — передаточное число и КПД трансмиссии.

Эффективный крутящий момент двигателя, работающего с полной нагрузкой, т. е. при полностью открытой дроссельной заслонке (карбюраторный двигатель) или

максимальной подаче топлива в цилиндры (дизель), определяют по экспериментальным графикам или вычисляют по эмпирическим формулам. Наибольшее распространение получила формула

$$M_e = \frac{N_{e \max}}{\omega_N} \left[ a_m + b_m \frac{\omega}{\omega_N} - c_m \left( \frac{\omega}{\omega_N} \right)^2 \right],$$

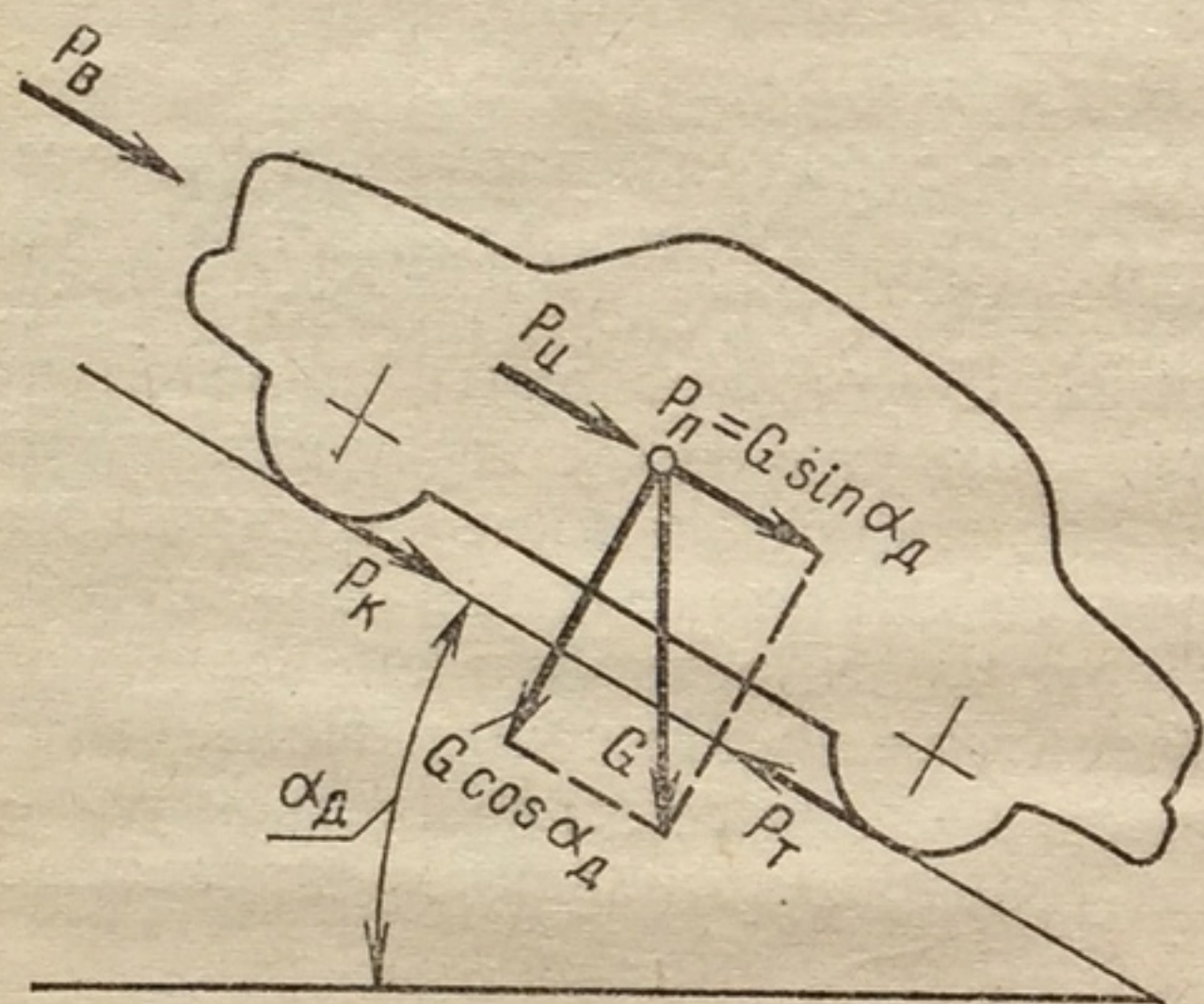


Рис. 3. Силы, действующие на автомобиль при разгоне на подъеме

где  $N_{e \max}$  — максимальная мощность двигателя;  $\omega_N$  — угловая скорость коленчатого вала при  $N_{e \max}$ , рад/с;  $a_m$ ,  $b_m$  и  $c_m$  — эмпирические коэффициенты; для четырехтактных карбюраторных двигателей  $a_m = b_m = c_m = 1$ ; для двухтактных дизелей  $a_m = 0,87$ ;  $b_m = 1,13$ ;  $c_m = 1$ ; для четырехтактных дизелей  $a_m = 0,53$ ;  $b_m = 1,56$ ;  $c_m = 1,09$ ;  $\omega$  — угловая скорость коленчатого вала, рад/с.

Скорость  $v$  автомобиля связана с угловой скоростью  $\omega$  коленчатого вала следующим выражением:

$$v = \omega r / u_{тр},$$

поэтому формулу (3) можно написать следующим образом:

$$P_T = \frac{N_{e \max} \eta_{тр}}{v_N} \left[ a_m + b_m \frac{v}{v_N} - c_m \left( \frac{v}{v_N} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где  $v_N$  — скорость автомобиля, соответствующая максимальной мощности двигателя, м/с.

Значения  $N_{e \max}$ ,  $\omega_N$  и других параметров некоторых отечественных автомобилей приведены в табл. 2.

КПД трансмиссии зависит от трения между зубьями шестерен, в подшипниках и сальниках трансмиссии, от количества и вязкости масла, залитого в картеры коробки передач, и ведущих мостов, а

2. Параметры тяги

Автомобиль	$N_{e \max}$ , л.с.
ЗАЗ-968А «Запорожец»	29,4
ВАЗ-2103 «Жигули»	56,7
«Москвич-2140»	55,2
ГАЗ-24 «Волга»	70,7
ГАЗ-15 «Чайка»	162,0
ЗИЛ-117	221,0
РАФ-2203 «Латвия»	70,0
ПАЗ-672	84,0
ЛАЗ-695Н	110,4
ЛиАЗ-677	132,8
УАЗ-451ДМ	51,3
ГАЗ-53А	84,0
ЗИЛ-130	110,0
КамАЗ-5320	154,0
МАЗ-550А	132,0

\* При включенной высшей передаче.  
\*\* Интервалы скорости сов 0—16,7 м/с, для автомобилей с полной нагрузкой.

также от величины  $P_{\Pi}$  с полной нагрузкой.

Легковые автомобили  
Грузовые автомобили  
Грузовые автомобили

Силу сопротивления

где  $G$  — вес автомобиля;  $\alpha_d$  — угол подъема.

На подъемах угол  $\alpha_d$  принимают равным 4—5°, и без больше.

Коэффициент сопротивления воздуха зависит от типа и конструкции автомобиля. Для определения коэффициента сопротивления воздуха эмпирически



## 2. Параметры тяговой динамичности отечественных автомобилей, влияющие на безопасность

Автомобиль	$N_{e \max}$ , кВт	$\omega N$ , рад/с	$I_{\text{тр}}^x$	$r$ , м	$W_{H \cdot c^2/m^2}$	$v_{\max}$ , м/с	$f_{\max}^x$ , м/с <sup>2</sup>	$t_{p}^{xx}$ , с	$s_p^{xx}$ , м
ЗАЗ-968А «Запорожец»	29,4	440	4,0	0,28	0,56	32,2	0,57	29,0	550
ВАЗ-2103 «Жигули»	56,7	560	4,1	0,28	0,59	41,7	0,63	22,0	420
«Москвич-2140»	55,2	580	4,2	0,29	0,59	38,9	0,55	20,0	369
ГАЗ-24 «Волга»	70,7	450	4,1	0,31	0,69	40,3	0,73	22,0	450
ГАЗ-15 «Чайка»	162,0	420	3,4	0,35	0,86	51,4	0,79	15,0	—
ЗИЛ-117	221,0	440	3,5	0,35	0,80	55,5	—	13,5	268
РАФ-2203 «Латвия»	70,0	450	4,1	0,33	1,10	33,3	0,50	13,3	—
ПАЗ-672	84,6	320	6,0	0,46	2,03	22,2	0,28	35,0	—
ЛАЗ-695Н	110,4	320	7,5	0,49	2,52	22,0	0,28	—	—
ЛиАЗ-677	132,5	320	8,6	0,49	2,36	19,4	0,38	44,0	—
УАЗ-451ДМ	51,5	400	5,12	0,38	2,08	26,7	0,47	—	—
ГАЗ-53А	84,6	320	6,8	0,46	2,53	23,6	0,34	—	—
ЗИЛ-130	110,4	320	6,3	0,48	3,02	23,6	0,25	—	—
КамАЗ-5320	154,6	260	5,9	0,49	4,74	23,6	0,20	42,5	509
МАЗ-550А	132,5	210	7,2	0,50	3,64	23,6	0,23	—	—

\* При включенной высшей передаче в коробке передач.

\*\* Интервалы скорости разгона: для легковых автомобилей 0—27,7 м/с, для автобусов 0—16,7 м/с, для автомобиля КамАЗ-5320 5,6—16,7 м/с.

также от величины передаваемого момента. При работе трансмиссии с полной нагрузкой ее КПД имеет следующие значения:

Легковые автомобили	0,90—0,92
Грузовые автомобили и автобусы	0,82—0,85
Грузовые автомобили повышенной проходимости	0,80—0,85

Силу сопротивления дороги  $P_d$  определяют по формуле:

$$P_d = G (f \cos \alpha_d + \sin \alpha_d), \quad (5)$$

где  $G$  — вес автомобиля, Н;  $f$  — коэффициент сопротивления качению;  $\alpha_d$  — угол продольного уклона дороги.

На подъемах угол  $\alpha_d$  считают положительным, на спусках — отрицательным. На дорогах с твердым покрытием угол  $\alpha_d$  не превышает 4—5°, и без большой ошибки можно написать

$$P_d = G (f + \sin \alpha_d).$$

Коэффициент сопротивления качению зависит главным образом от типа и состояния шин и дороги, а также от скорости движения автомобиля. Для определения этого коэффициента можно воспользоваться эмпирической формулой

$$f = f_0 \left( 1 + \frac{v^2}{a_k} \right), \quad (6)$$



где  $f_0$  — коэффициент сопротивления качению при малых скоростях движения;  $a_k$  — эмпирический коэффициент, зависящий от типа шин и равный в среднем 1400—1600.

При приближенных расчетах коэффициент  $f$  часто считают постоянным, равным его среднему значению. На дорогах с асфальто- и цементобетонным покрытием, находящимся в отличном состоянии,  $f = 0,014 \div 0,018$ , а в удовлетворительном состоянии  $f = 0,018 \div 0,020$ .

Выражение  $(f \cos \alpha_d + \sin \alpha_d)$  называют коэффициентом сопротивления дороги и обозначают  $\psi_d$ . Тогда сила сопротивления дороги

$$P_d = G\psi_d.$$

Силой сопротивления воздуха  $P_v$  называют равнодействующую элементарных сил, распределенных по всей поверхности автомобиля. Точку приложения этой силы называют метacentром автомобиля. Сила сопротивления воздуха

$$P_v = K_v F_v v^2 = W_v v^2, \quad (7)$$

где  $K_v$  — коэффициент сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости), зависящий от формы и качества отделки поверхности автомобиля,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;  $F_v$  — лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ ;  $W_v$  — фактор обтекаемости,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ .

Коэффициент обтекаемости  $K_v$  численно равен силе сопротивления воздуха, создаваемой 1  $\text{м}^2$  лобовой площади автомобиля при его

движении со скоростью 1 м/с. Лобовой площадью  $F_v$  автомобиля называют площадь его проекции на плоскость, перпендикулярную к продольной оси автомобиля.

В табл. 3 приведены средние значения коэффициента обтекаемости  $K_v$  и лобовой площади  $F_v$ .

3. Средние значения  $K_v$  и  $F_v$

Автомобили	$K_v$ , $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$	$F_v$ , $\text{м}^2$
Легковые	0,2—0,5	1,5—2,8
Грузовые	0,6—0,7	3,0—5,0
Автобусы	0,24—0,40	4,5—6,5
Гоночные и спортивные	0,13—0,15	1,3—1,5

Приведенная сила инерции  $P_{\text{и}}$  автомобиля пропорциональна его массе и ускорению  $j$ :

$$P_{\text{и}} = M\delta_{\text{вр}}j, \quad (8)$$

где  $M$  — масса автомобиля;  $\delta_{\text{вр}}$  — коэффициент учета вращающихся масс, определяемый по формуле

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \frac{J_m \eta_{\text{тр}} u_{\text{тр}}^2 + J_k}{M_{\alpha} r^2},$$

где  $J_m$  — момент инерции маховика и связанных с ним деталей двигателя и сцепления,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $J_k$  — суммарный момент инерции всех колес автомобиля,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ .



Коэффициент  $\delta_{вр}$  показывает, во сколько раз энергия, затрачиваемая при разгоне вращающихся и поступательно движущихся деталей автомобиля, больше энергии, необходимой для разгона автомобиля, все детали которого движутся только поступательно.

Если точное значение моментов инерции  $J_m$  и  $J_k$  неизвестно, то коэффициент  $\delta_{вр}$  определяют по эмпирической формуле

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta' + \delta'' u_k^2) M_a / M,$$

где  $\delta' \approx \delta'' \approx 0,03 \div 0,05$ ;  $u_k$  — передаточное число коробки передач;  $M_a$  — масса автомобиля с полной нагрузкой, кг;  $M$  — масса автомобиля с данной нагрузкой, кг.

Для случая движения автомобиля с отсоединенным от трансмиссии двигателем коэффициент учета вращающихся масс обозначают буквой  $\delta_n$  и определяют по формуле

$$\delta_n = 1 + J_k / (M r^2) \approx 1 + 0,05 M_a / M.$$

### 3. МАКСИМАЛЬНЫЕ СКОРОСТЬ И УСКОРЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ

Максимальную скорость автомобиля можно определить аналитически или графоаналитически. Для аналитического расчета подставим в формулу (2) значения сил  $P_t$ ,  $P_d$ ,  $P_v$  и  $P_n$  согласно выражениям (4)—(8):

$$\frac{N_{e \max} \eta_{тр}}{v_N} \left[ a_m + b_m \frac{v}{v_N} - c_m \left( \frac{v}{v_N} \right)^2 \right] - G \left[ f_0 \left( 1 + \frac{v^2}{a_k} \right) + \sin \alpha_d \right] - M \delta_{вр} j - W_v v^2 = 0.$$

Сгруппируем члены с одинаковыми степенями  $v$ :

$$A_c v^2 - B_c v - C_c + D_c j = 0, \quad (9)$$

$$\text{где } A_c = \frac{N_{e \max} \eta_{тр}}{v_N^3} c_m + G f_0 / a_k + W_v;$$

$$B_c = \frac{N_{e \max} \eta_{тр} b_m}{v_N^2}; \quad C_c = \frac{N_{e \max} \eta_{тр}}{v_N} a_m - G (f_0 + \sin \alpha_d); \quad D_c = M \delta_{вр}.$$

При максимальной скорости  $j = 0$  и

$$A_c v_{\max}^2 - B_c v_{\max} - C_c = 0.$$

Решая это уравнение, находим

$$v_{\max} = (B_c + \sqrt{B_c^2 + 4 A_c C_c}) / (2 A_c).$$

При графоаналитических расчетах обычно применяют метод силового баланса автомобиля.

Пользуясь формулой (4), определяют величину силы тяги для нескольких значений скорости и по точкам строят кривую  $P_t$  для



высшей передачи в координатах  $v - P$  (рис. 4, а). В нижней части графика наносят кривую  $P_d$  для одного значения угла  $\alpha_d$ . Вверх от этой кривой откладывают величины силы сопротивления воздуха. Поскольку нужно определить максимальную скорость, то при расчете ограничиваются небольшим числом точек (три-четыре), задавая значениями  $v$ , близкими к  $v_N$ . Кривая суммарного сопротивления  $P_d + P_v$  определяет силу тяги, необходимую для движения автомобиля по данной дороге с  $v = \text{const}$ . Если кривая силы тяги  $P_T$  проходит выше кривой  $P_d + P_v$ , то отрезки  $P_3$ , заключенные между этими кривыми, представляют собой нереализованную часть (запас) силы тяги. Запас силы тяги можно использовать

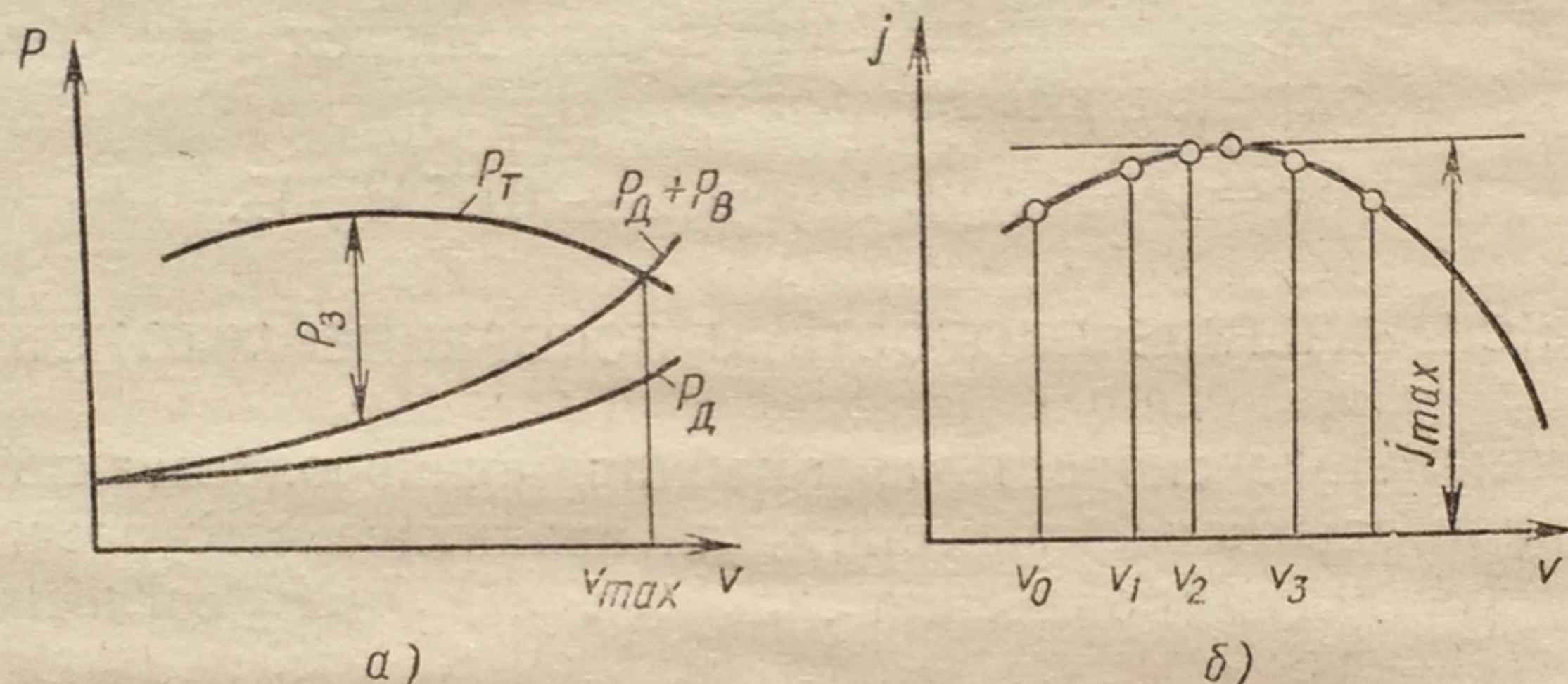


Рис. 4. Параметры тяговой динамичности автомобиля:

а — график для определения  $v_{\max}$  методом силового баланса; б — изменение ускорения автомобиля при движении с включенной высшей передачей

для преодоления повышенного сопротивления дороги (увеличение  $f$  или  $\alpha_d$ ) или для разгона автомобиля. Максимальную скорость  $v_{\max}$  находят по абсциссе точки пересечения кривых  $P_T$  и  $P_d + P_v$ , так как при этом запас силы тяги, а следовательно, и ускорение равны нулю.

Максимальные скорости некоторых отечественных автомобилей приведены в табл. 2. Максимальная скорость автомобиля является показателем его предельных возможностей. В практике дорожного движения эту скорость автомобили развивают довольно редко. Даже на пустынных участках загородных дорог водители стремятся вести автомобиль со скоростью несколько меньшей, чем максимально возможная. Это, с одной стороны, объясняется напряженным режимом работы агрегатов автомобиля, возникновением неприятных вибраций и шума, перегревом двигателя. С другой стороны, водитель, управляя быстро движущимся автомобилем, испытывает большую психофизиологическую нагрузку, так как при этом резко возрастает объем воспринимаемой и перерабатываемой им информации, увеличивается число рабочих движений. Кроме того, дорожные условия даже на лучших автомагистралях редко сохраняются постоянными на большом протяжении, что вынуждает водителя изменять скорость движения автомобиля.

Максимальное ускорение автомобиля также можно определить двумя способами: аналитическим и графоаналитическим.

Для аналитического определения ускорения воспользуемся формулой (9), решив ее относительно  $j$ :

$$j = (-A_c v^2 + B_c v + C_c) / D_c. \quad (10)$$



Продифференцировав выражение (10) по  $v$  и приравняв производную нулю, найдем значение скорости, при которой ускорение автомобиля достигает максимального значения:

$$v = B_c / (2A_c).$$

Подставив это значение в формулу (9), определим максимальное ускорение на данной передаче:

$$j_{\max} = \left( \frac{B_c^2}{4A_c} + C_c \right) / D_c,$$

При графоаналитическом определении  $j_{\max}$  задаются несколькими значениями скорости и рассчитывают по формуле (10) величины ускорения при работе двигателя с полной нагрузкой. Построив по точкам в координатах  $v - j$  кривую ускорений, проводят касательную к ней, параллельную оси абсцисс, как показано на рис. 4, б. Ордината точки касания определяет величину ускорения, максимально возможного на данной дороге. Значения  $j_{\max}$  для некоторых отечественных автомобилей приведены в табл. 2.

При разгоне с максимальным ускорением возникают большие инерционные нагрузки, неприятно действующие на пассажиров и водителя. Поэтому в обычных условиях движения ускорение не превышает  $(0,5-0,8) j_{\max}$ , достигая предельных значений лишь в особых случаях: например, при динамическом преодолении крутого подъема, в процессе обгона или при выходе из сложной дорожной ситуации.

#### 4. ВРЕМЯ И ПУТЬ ОБГОНА

Обгон представляет собой сложный и опасный маневр, вызванный желанием водителя двигаться без потерь времени. Обгон связан с выездом на соседнюю полосу движения и требует свободного пространства перед обгоняющим автомобилем. Трудность правильного выполнения обгона в сочетании с высокой скоростью требует от водителя безошибочного расчета и точных действий по управлению автомобилем. Малейшая неосмотрительность при обгоне может привести к тяжелым последствиям. Чем больше скорость транспортного потока, тем больше вероятность ДТП при обгоне. Так, по данным США, при скорости транспортного потока около 11 м/с количество аварий при обгоне, при которых люди получили травмы, составило 14%. При скорости потока, равной 33 м/с, количество таких аварий возросло до 65%.

Маневр обгона можно разделить на три фазы: отклонение обгоняющего автомобиля влево и выезд на соседнюю полосу движения; движение слева от обгоняемого автомобиля и впереди него; возвращение обгоняющего автомобиля на свою полосу впереди обгоняемого автомобиля.

Для простоты расчетов время, затраченное на поперечное смещение обгоняющего автомобиля и переход его с одной полосы дви-



жения на другую, не учитывают, так как это время невелико по сравнению с общим временем обгона. Не учитывают и увеличение пути автомобиля, вызванное этим смещением.

В зависимости от условий движения на дороге обгон может совершаться либо с постоянной, либо с возрастающей скоростью. Обгон с постоянной скоростью характерен для свободного, нестесненного движения автомобиля в загородных условиях. Тогда водитель

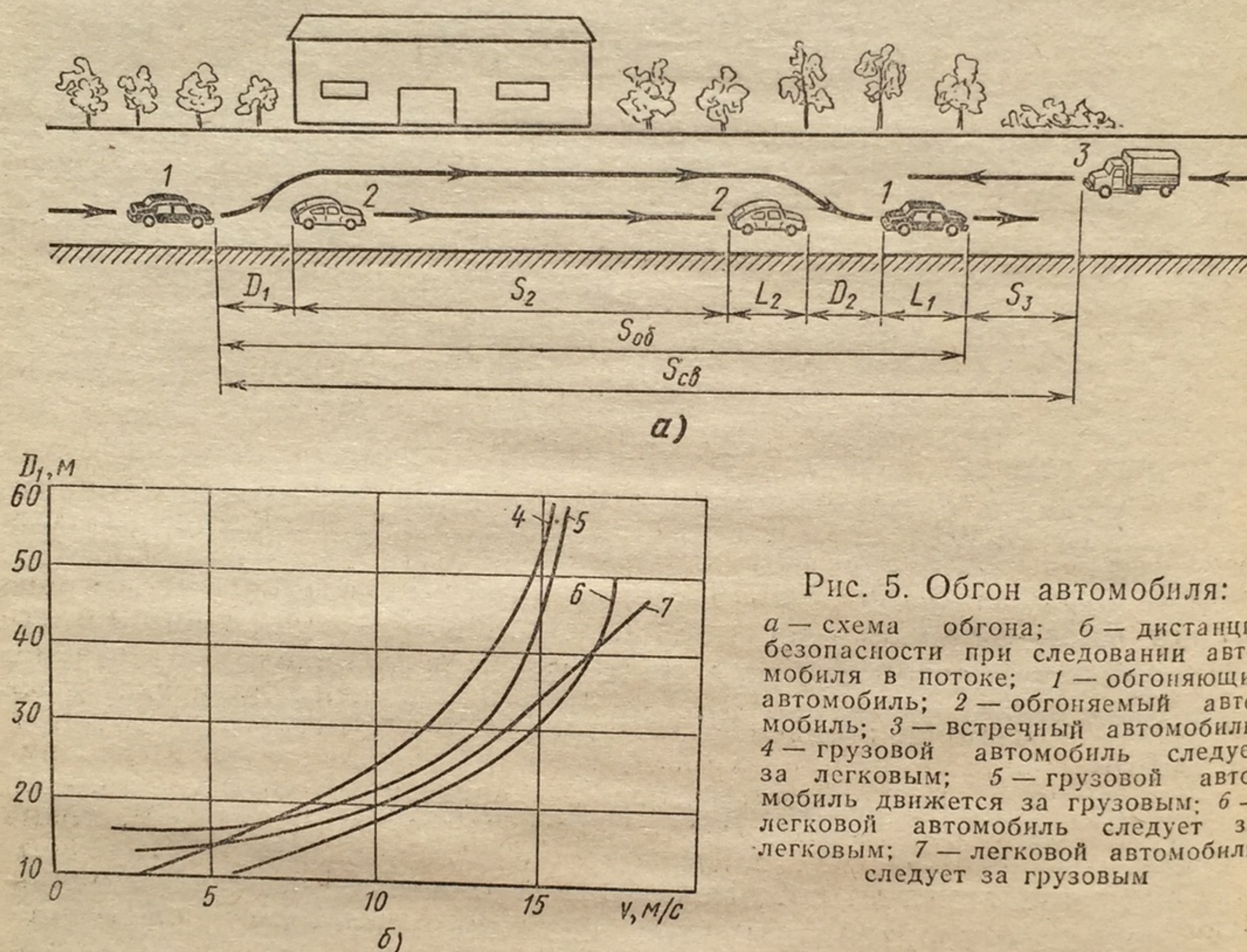


Рис. 5. Обгон автомобиля:  
а — схема обгона; б — дистанции безопасности при следовании автомобиля в потоке; 1 — обгоняющий автомобиль; 2 — обгоняемый автомобиль; 3 — встречный автомобиль; 4 — грузовой автомобиль следует за легковым; 5 — грузовой автомобиль движется за грузовым; 6 — легковой автомобиль следует за легковым; 7 — легковой автомобиль следует за грузовым

обгоняющего автомобиля 1 (рис. 5) имеет впереди себя достаточное пространство для предварительного разгона до большей скорости  $v_1$ . Эта скорость должна быть больше скорости  $v_2$  обгоняемого автомобиля 2. Время  $t_{об}$  и расстояние  $S_{об} = S_1$ , необходимые в этом случае для безопасного обгона, определяют следующим образом.

Путь обгона

$$S_{об} = S_1 = D_1 + D_2 + S_2 + L_1 + L_2 \quad (11)$$

или

$$S_{об} = S_1 = v_1 t_{об}, \quad (12)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  — дистанции безопасности между обгоняющим и обгоняемым автомобилями в начале и конце обгона, м;  $L_1$  и  $L_2$  — габаритные длины автомобилей 1 и 2, м;  $S_2$  — путь обгоняемого автомобиля, м.

Путь обгоняемого автомобиля

$$S_2 = v_2 t_{об} = v_2 S_{об} / v_1. \quad (13)$$



Из формул (11)—(13) получаем

$$S_{об} \left( 1 - \frac{v_2}{v_1} \right) = D_1 + D_2 + L_1 + L_2.$$

Следовательно,

$$S_{об} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_1 - v_2} v_1.$$

Время обгона

$$t_{об} = S_{об}/v_1 = (D_1 + D_2 + L_1 + L_2)/(v_1 - v_2).$$

Таким образом, время и путь обгона в большой степени зависят от скорости обгоняющего автомобиля  $v_1$ . Чем динамичнее автомобиль, тем меньше значения  $S_{об}$  и  $t_{об}$ , следовательно, тем быстрее автомобиль может вернуться на свою полосу движения, обеспечив необходимую безопасность. Многочисленные наблюдения показали, что при свободном движении скорости обгоняющих автомобилей достаточно высоки, но не достигают предельных значений и обычно составляют 80—90% максимально возможной скорости.

Величины дистанций безопасности  $D_1$  и  $D_2$  в большой степени зависят от дорожных условий, типа автомобиля, опыта и квалификации водителя. Точный их расчет невозможен, поэтому правилами дорожного движения предусматривается, что дистанции между автомобилями выбирает водитель. Для ориентировочных расчетов этих расстояний в литературе имеется много различных предложений. Так, некоторые авторы определяют эти дистанции, исходя из времени, необходимого водителю для оценки обстановки перед обгоном. Это время принимают в интервале 2—5 с. Другие исследователи считают дистанции  $D_1$  и  $D_2$  примерно равными остановочному пути обгоняющего автомобиля. Третьи предлагают уравнения, в которых учитывается разность тормозных путей обгоняющего и обгоняемого автомобилей. Массовые наблюдения, проведенные в различных условиях, показали недостоверность этих предпосылок. В действительности водители при определении дистанции безопасности при обгоне учитывают не только возможность экстренного торможения переднего автомобиля, но и вероятность его в данной дорожной обстановке. Другими словами, опираясь на накопленный опыт и интуицию, водитель выбирает расстояние с учетом всех факторов, характеризующих условия движения. Не удивительно, что фактические величины дистанций могут весьма значительно отличаться от значений, определенных на основании указанных выше умозрительных предпосылок.

При временном интервале между следующими один за другим автомобилями менее 9—10 с на величину дистанции влияет и тип автомобиля (рис. 5, б). Наименьшие дистанции выдерживают при следовании легкового автомобиля за легковым, а максимальные — при движении грузового автомобиля за легковым. Характер зависимости дистанции от скорости одинаков для взаимодействующих автомобилей всех типов. Согласно имеющимся данным, первая дистанция безопасности может быть представлена в виде функции скорости обгоняющего автомобиля

$$D_1 = a_{об} v_1^2 + 4,0,$$

а вторая — в виде функции скорости обгоняемого автомобиля

$$D_2 = b_{об} v_2^2 + 4,0,$$



#### 4. Значения коэффициентов $a_{об}$ и $b_{об}$

Автомобили	$a_{об}$	$b_{об}$
Легковые	0,33	0,26
Грузовые средней грузоподъемности	0,53	0,48
Грузовые большой грузоподъемности и автопоезда	0,76	0,67

ме того, скорость  $v_1$  обгоняющего автомобиля больше скорости  $v_2$ , поэтому если в момент завершения обгона дистанция между автомобилями и окажется короче допустимой, то она очень быстро увеличится.

Для анализа процесса обгона удобно пользоваться схемой, на которой изображены зависимости между временем и перемещениями автомобилей (рис. 6, а). Положения обгоняющего, обгоняемого и

где  $a_{об}$  и  $b_{об}$  — эмпирические коэффициенты, зависящие от типа обгоняемого автомобиля (табл. 4).

Вторая дистанция безопасности короче первой, так как водитель обгоняющего автомобиля стремится быстрее возвратиться на свою полосу движения и иногда «срезает угол». Кроме

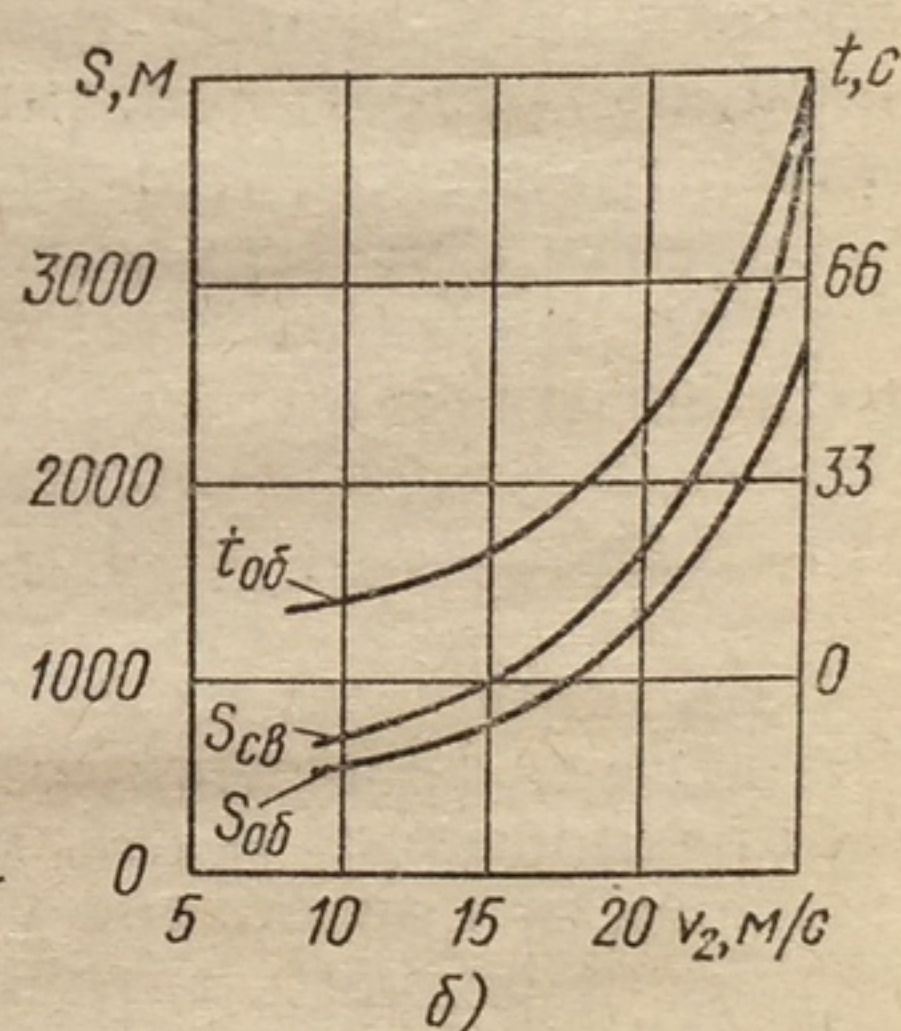
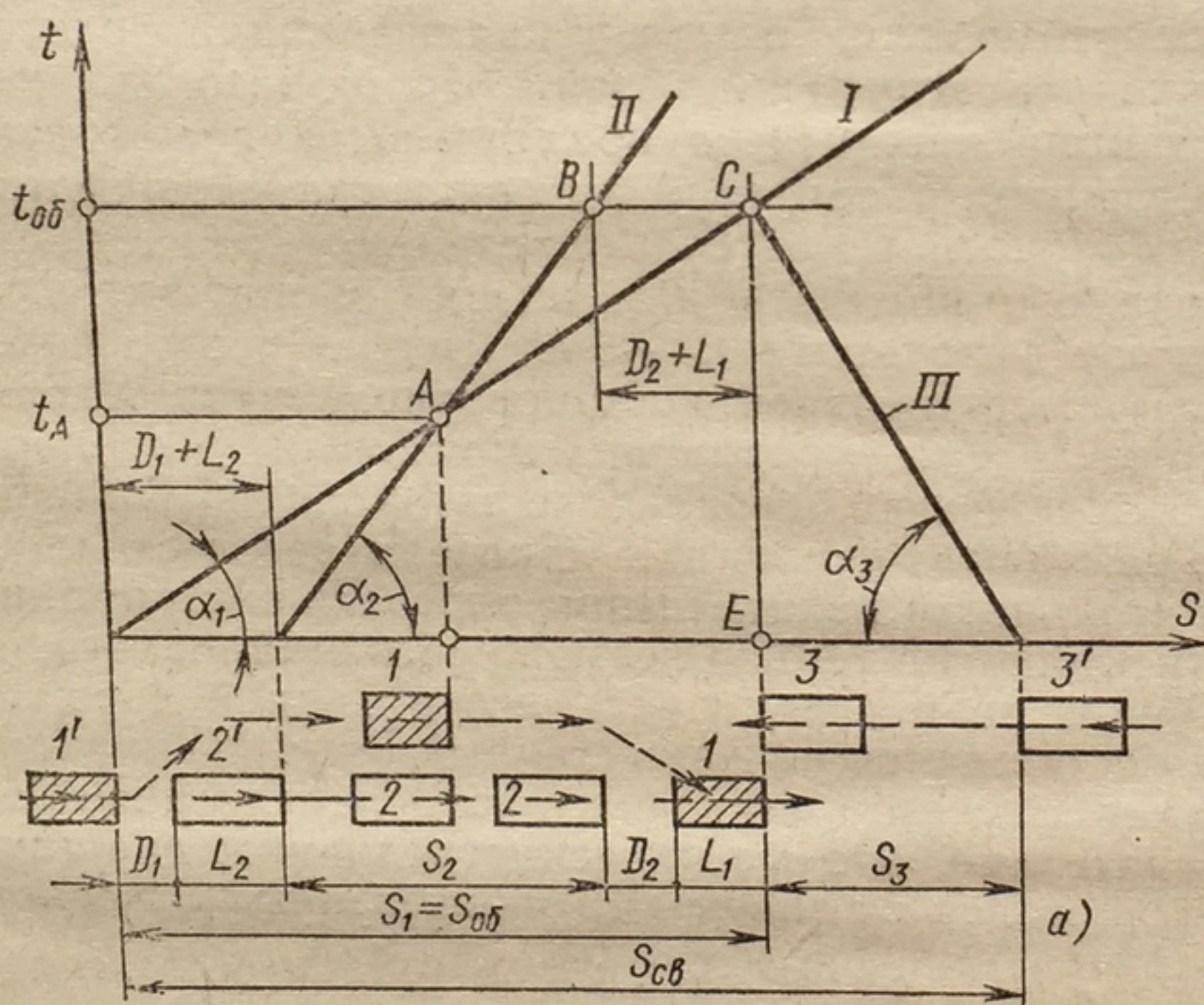


Рис. 6. Характеристики обгона при равномерном движении автомобиля:

а — схема и график обгона;  
б — изменение  $S_{об}$ ,  $t_{об}$  и  $S_{св}$  в зависимости от  $v_2$

встречного автомобилей в начальный момент времени отмечены в нижней части схемы соответственно цифрами 1', 2' и 3'. Движение всех трех автомобилей считаем равномерным, и соответствующие зависимости  $S = S(t)$  представляют собой прямые линии I, II и III. Котангенсы углов  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\alpha_3$  наклона этих прямых пропорциональны скоростям  $v_1$ ,  $v_2$  и  $v_3$  автомобилей. В начале обгона расстояние между передними частями обгоняющего и обгоняемого автомобилей равно  $D_1 + L_2$ . Точка A пересечения прямых I и II характеризует момент обгона, в который оба автомобиля поравнялись (время  $t_A$ ), после чего обгоняющий автомобиль начинает выходить вперед. Чтобы определить минимально необходимые время и путь



обгона, нужно найти на графике такие две точки  $B$  и  $C$  на линиях  $I$  и  $II$ , расстояние между которыми по горизонтали было бы равно сумме  $D_2 + L_1$ . Тогда абсцисса точки  $C$  определит путь обгона, а ордината — время обгона.

Зная  $S_{об}$  и  $v_3$ , можно определить минимальное расстояние  $S_{св}$ , которое должно быть свободным перед обгоняющим автомобилем в начале обгона:

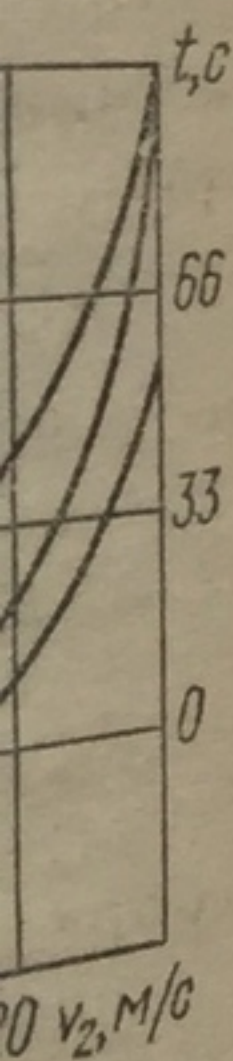
$$S_{св} = S_{об} + S_3 = S_{об} \left( 1 + \frac{v_3}{v_1} \right) = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_1 - v_2} (v_1 + v_3).$$

На рис. 6, б показаны результаты расчета  $S_{об}$ ,  $t_{об}$  и  $S_{св}$ . При расчете принято:  $v_1 = 30$  м/с,  $v_3 = 10$  м/с,  $L_1 = L_2 = 5$  м. Путь и время, необходимые для безопасного обгона, резко возрастают при увеличении скорости обгоняемого автомобиля. Так, при  $v_2 = 10$  м/с для безопасного обгона при отсутствии встречного автомобиля необходимы расстояние примерно 500 м и время около 17 с. При повышении скорости до 20 м/с  $S_{об}$  возрастает до 1260 м, а время до 95 с. Соответственно увеличивается и расстояние  $S_{св}$ . Таким образом, если водитель обгоняемого автомобиля повысит скорость, не желая уступить дорогу, то это резко увеличит время и путь обгона и может привести к аварии. Поэтому правила дорожного движения категорически запрещают водителю обгоняемого автомобиля какими бы то ни было способами препятствовать завершению обгона.

Чем выше скорость обгоняющего автомобиля, тем меньше значения  $S_{об}$ ,  $t_{об}$  и  $S_{св}$ , необходимые для безопасного обгона. Поэтому наиболее безопасен обгон легковым автомобилем тихоходного транспортного средства, например автопоезда. Напротив, обгоны легковых автомобилей, предпринимаемые иногда торопящимися водителями грузовых автомобилей и даже автопоездов, весьма опасны и нередко заканчиваются трагически.

Обгоны с постоянной скоростью возможны на дорогах с проезжей частью шириной более 7—8 м и интенсивностью движения в обоих направлениях менее 40—60 автомобилей в час, т. е. с интервалом движения около 1 мин. Значительно сложнее и опаснее обгонять при большой интенсивности движения. Так, если интенсивность превышает 150—160 автомобилей в час, то они движутся сплошным потоком. В этих условиях быстроходный автомобиль, догнав медленно движущийся автомобиль, уменьшает скорость и некоторое время движется позади него с той же скоростью. Водитель заднего автомобиля внимательно следит за потоком и при появлении перед обгоняемым автомобилем достаточного свободного расстояния начинает обгон, сочетая его с разгоном. Для того чтобы путь и время обгона были минимальными, интенсивность разгона должна быть максимально возможной.

Для расчета пути и времени обгона в этом случае необходимо вначале построить графики интенсивности разгона, характеризующие



Характеристики  
автомобиля:  
время обгона;  
 $t_{об}$  и  
путь от  $v_2$

Значения в  
движение  
влияющие  
на I, II  
пропор-  
циона рас-  
счета ав-  
томобиля  
и II ха-  
рактеристики  
выходить  
и путь



зависимость между путем и временем движения автомобиля при ускоренном движении. Время разгона можно определить путем интегрирования выражения

$$j = dv/dt.$$

Подставив вместо  $j$  его значение согласно формуле (10) и интегрируя в пределах от  $v_0$  до  $v$  для скорости и от нуля до  $t_p$  для времени разгона, получим

$$t_p = \int_{v_0}^v \frac{D_c dv}{-A_c v^2 + B_c v + C_c} = \frac{D_c}{E_c} \times \times \ln \left| \frac{(-2A_c v + B_c - E_c)(-2A_c v_0 + B_c + E_c)}{(-2A_c v_0 + B_c - E_c)(-2A_c v + B_c + E_c)} \right|, \quad (14)$$

где  $E_c = \sqrt{B_c^2 - 4A_c C_c}$ .

Это время, необходимое для увеличения скорости автомобиля от  $v_0$  до  $v$ , является минимально возможным, поскольку предполагается, что двигатель автомобиля работает с полной нагрузкой. Определять время разгона автомобиля аналитически, используя формулу (14), целесообразно лишь при наличии ЭЦВМ с готовой программой. Расчеты вручную по этой формуле достаточно трудоемки, поэтому на практике обычно пользуются более простым графоаналитическим методом. Для этого кривую ускорений разбивают на ряд интервалов, начиная от  $v_0$  (см. рис. 4, б), и считают, что в каждом интервале скоростей автомобиль движется с постоянным ускорением  $j_{cp}$ , величину которого определяют по формуле

$$j_{cp} = 0,5 (j_0 + j_1),$$

где  $j_0$  и  $j_1$  — ускорения соответственно в начале и в конце интервала скоростей,  $m/s^2$ .

При изменении скорости от  $v_0$  до  $v_1$  среднее ускорение

$$j'_{cp} = (v_1 - v_0)/(\Delta t_1) = \Delta v_1/\Delta t_1.$$

Следовательно, время разгона в том же интервале скоростей

$$\Delta t_1 = \Delta v_1/j'_{cp}.$$

Время разгона в интервале скоростей  $v_1 - v_2$

$$\Delta t_2 = \Delta v_2/j''_{cp}.$$

Общее время разгона от минимально устойчивой скорости до конечной

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n.$$

По значениям  $t$ , определенным для различных скоростей, строят кривую времени разгона, начиная ее со скорости  $v_{min}$ , для которой  $t = 0$ . Для скорости  $v_1$  откладывают значение  $\Delta t_1$ , для скорости  $v_2$  — значение  $(\Delta t_1 + \Delta t_2)$  и т. д. Полученные точки соединяют плавной линией.



и уско-  
тегри-

и инте-  
ря вре-

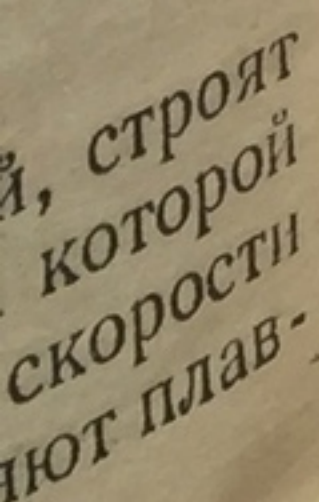
(14)

бия от  
полага-  
. Опре-  
формулу  
раммой.  
поэтому  
ическим  
рвалов,  
але ско-  
еличину

интерва-

стей

ГИ ДО КО-



Для построения этого графика в координатах  $S_p - t_p$  (рис. 7) наносят сначала значения времени  $t_1$  и пути  $S_1$ , соответствующие разгону обгоняющего автомобиля от скорости  $v_0$  до скорости  $v_1$ , затем значения  $(t_1 + t_2)$  и  $(S_1 + S_2)$  для интервала скоростей  $(v_1 - v_2)$  и т. д. После этого полученные точки соединяют плавной кривой  $OO$ . На кривой отмечают точки  $A_1, A_2, \dots$ , соответствующие различным значениям  $v$  (например, 5; 10 ... м/с).

2 Зак. 1102



уровне. При дальнейшем движении обгоняющий автомобиль начинает выходить вперед. Чтобы определить минимально необходимые путь и время обгона, нужно на диаграмме найти такие две точки  $B$  и  $E$ , расстояние между которыми по горизонтали было бы равно сумме  $D_2 + L_1$ . Зная положение начальной и конечной точек обгона, по шкалам  $S_p$  и  $t_p$  находят путь и время обгона, сочетаемого с разгоном. Если нужно учесть возможность появления встречного автомобиля, то из точки  $E$  проводят наклонную прямую под углом, соответствующим скорости этого автомобиля, до пересечения с продолжением горизонтальной прямой, проведенной из начальной точки  $A_1$  (точка  $F$ ). Минимальное расстояние, которое должно быть свободным перед обгоняющим автомобилем для безопасного обгона, определяется длиной отрезка  $S_{св} = A_1F$ .

По описанной методике были рассчитаны время и путь обгона, необходимые автомобилю ВАЗ-2101 «Жигули», движущемуся по горизонтальной дороге с покрытием хорошего качества. Результаты расчетов показали, что при скорости обгоняемого автомобиля 10—12 м/с и при отсутствии встречных автомобилей необходимо свободное расстояние не менее 250—300 м. Если автомобиль будет двигаться по левой стороне дороги, где возможно появление встречных транспортных средств, то безопасное расстояние увеличивается до 450—500 м. Согласно СНиП при движении автомобиля с расчетной скоростью 33,3 м/с расстояние видимости поверхности дороги должно быть не менее 175 м, а расстояние видимости встречного автомобиля не менее 350 м. Эти расстояния нормируют, исходя из расположения глаз водителя на высоте 1,2 м над осью проезжей части дороги и на расстоянии 1,5 м от ее правой кромки.

Сравнение этих данных с результатами расчета показывает, что даже на дорогах высших категорий обгон, сочетаемый с разгоном, практически трудно осуществим даже при относительно небольшой скорости обгоняемого автомобиля, так как гарантированные расстояния видимости меньше безопасных путей обгона. На дорогах же низших категорий, имеющих небольшую ширину проезжей части, где выезд автомобилей на левую сторону наиболее вероятен, нормируемые расстояния видимости допускают обгоны лишь весьма тихоходных транспортных средств, движущихся со скоростью 7—8 м/с. При недостаточных расстояниях видимости водители вынуждены сокращать дистанции безопасности в начале и в особенности в конце обгона, что часто приводит к нарушению требований безопасности. Чрезмерное приближение к переднему автомобилю может быть причиной аварии в случае неожиданного его торможения. Уменьшение второй дистанции безопасности и «срезание угла», иногда практикуемое водителями в конце обгона, также опасны, так как при ошибке в расчете происходит столкновение автомобилей.

Расчеты пути и времени обгона, сочетаемого с разгоном, существенно упрощаются, если принять, что обгоняющий автомобиль движется с постоянным ускорением. Ускорение обычно принимают при-

мерно равны  
ных услови  
мобиля с на

Кроме того,  
мобиля

Следовательно

Зная  $t_{об}$ ,

В случае о

ет преимес

автомобиля, те

$D_1 = D_2 = 30$

автомобиля, дв

менее 27 с и ра

$0,4 \text{ м/с}^2$  время о

5. ВЛИЯНИЕ

Техническим

товности к работ

низмов и прибор

эксплуатации. В

детали двигателя

состояние их улу

мерно неизменно

изменения их раз

возникновения ус

автомобиля начин

мости его капитал

исправными, регул

их техническое сос

вается ниже, чем у

Ухудшение техни

на уменьшении его м

поршневых колец, пор

нов к седлам, наличие

отложений на стенках

зажигания (карбюратор

ва (дизели) приводят к

молекулярные соеди

впускного трубопро

уменьшают про

распределен



мерно равным 0,7—0,8 от максимально возможного в данных дорожных условиях. При равноускоренном движении обгоняющего автомобиля с начальной скорости, равной  $v_2$ ,

$$S_{об} = S_1 = v_2 t_{об} + j t_{об}^2 / 2. \quad (15)$$

Кроме того, согласно формуле (11) при отсутствии встречного автомобиля

$$S_{об} = D_1 + D_2 + L_1 + L_2 + v_2 t_{об}. \quad (16)$$

Следовательно, время обгона

$$t_{об} = \sqrt{2(D_1 + D_2 + L_1 + L_2)/j}.$$

Зная  $t_{об}$ , по формуле (15) или (16) находят путь обгона.

В случае обгона, сочетаемого с разгоном, большее значение имеет приемистость автомобиля. Чем больше максимальное ускорение автомобиля, тем быстрее будет закончен обгон. Так, если принять  $D_1 = D_2 = 30$  м и  $L_1 = L_2 = 5$  м, то при  $j = 0,2$  м/с<sup>2</sup> для обгона автомобиля, движущегося со скоростью 10 м/с, необходимы время не менее 27 с и расстояние около 335 м. При увеличении ускорения до 0,4 м/с<sup>2</sup> время обгона уменьшается до 19 с, а путь обгона — до 260 м.

## 5. ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ТЯГОВУЮ ДИНАМИЧНОСТЬ

*Техническим состоянием автомобиля* называют степень его готовности к работе, т. е. степень соответствия его агрегатов, механизмов и приборов нормам, установленным правилами технической эксплуатации. В первое время после выпуска автомобиля с завода детали двигателя и других агрегатов прирабатываются, техническое состояние их улучшается. Затем длительное время оно остается примерно неизменным, после чего, вследствие изнашивания деталей, изменения их размеров, образования чрезмерных зазоров, а также возникновения усталостных напряжений, техническое состояние автомобиля начинает ухудшаться, что свидетельствует о необходимости его капитального ремонта. Замена негодных деталей и узлов исправными, регулировка механизмов во время ремонта улучшают их техническое состояние, однако, как правило, уровень его оказывается ниже, чем у нового автомобиля.

Ухудшение технического состояния двигателя прежде всего сказывается на уменьшении его мощности. Уменьшение компрессии из-за изнашивания поршневых колец, поршней и цилиндров или неплотного прилегания клапанов к седлам, наличие нагара на стенках камеры сгорания или смолистых отложений на стенках впускного трубопровода, неправильная установка зажигания (карбюраторные двигатели) или момента начала впрыска топлива (дизели) приводят к уменьшению эффективной мощности двигателя.

При длительном хранении бензина на складах в нем образуются высокомолекулярные соединения, которые, соприкасаясь с горячими стенками впускного трубопровода, оседают на них в виде твердого слоя. Отложения уменьшают проходное сечение трубопровода и вызывают неравномерное распределение горючей смеси по цилиндрам. В результате мощность двига-



теля может уменьшиться на 15—20%. Изнашивание деталей цилиндропоршневой группы вызывает прорыв рабочей смеси в картер двигателя при такте сжатия и уменьшение давления конца сжатия. У сильно изношенного двигателя эффективная мощность может составить 80—85% номинальной. В случае установки позднего зажигания мощность может упасть на 25—30%. Слишком раннее зажигание приводит к возникновению детонации, вынуждающей водителя уменьшать скорость и переходить на низшие передачи. При засорении воздушного фильтра ухудшается наполнение цилиндров, нарушается нормальное смесеобразование, что также вызывает падение мощности. Выход из строя свечи зажигания может уменьшить мощность шестицилиндрового двигателя на 15—20%.

В процессе эксплуатации изменяется также техническое состояние агрегатов шасси автомобиля. При неправильном зацеплении шестерен в коробке передач и ведущих мостах, а также при чрезмерной

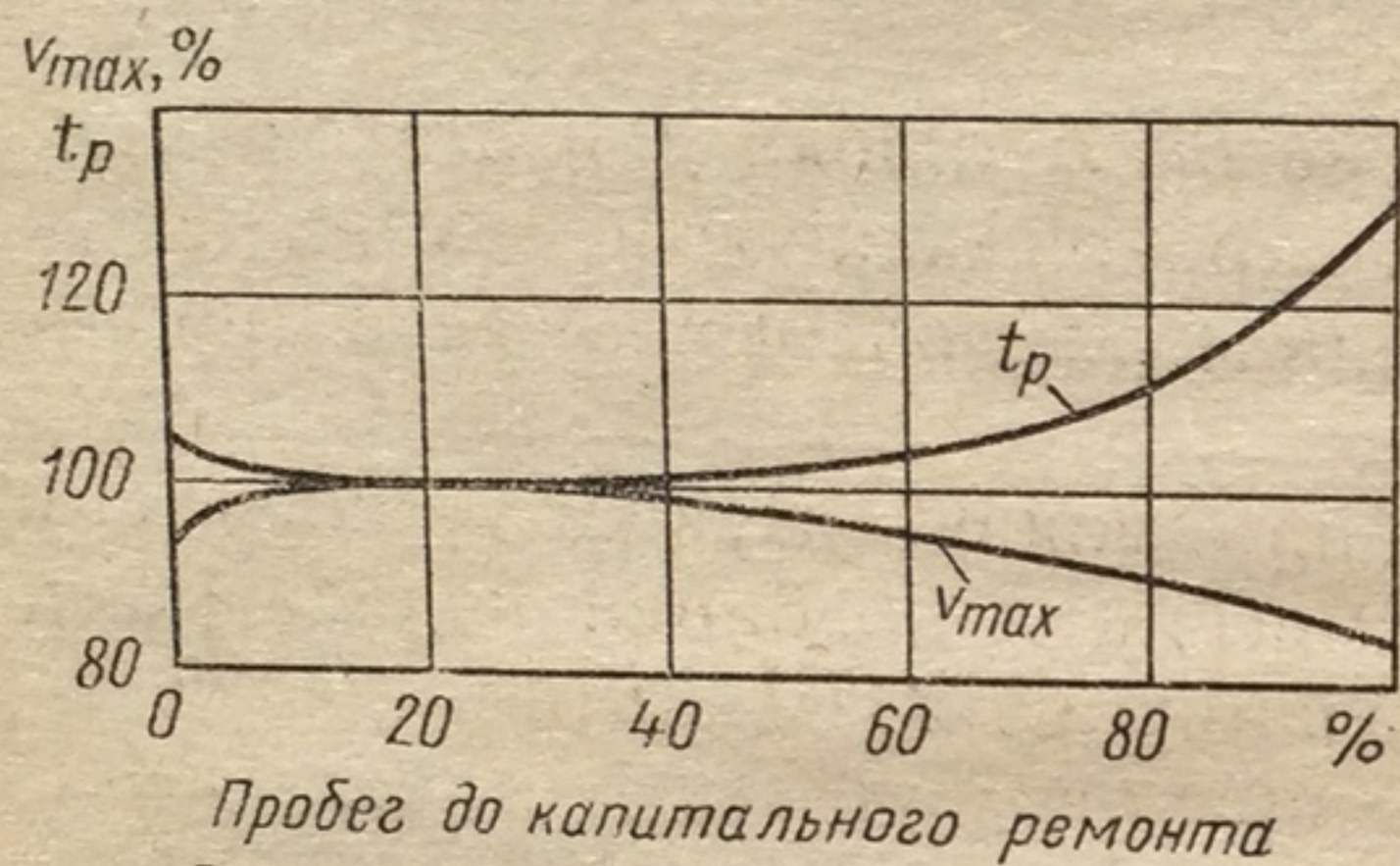


Рис. 8. Изменение показателей тяговой динамичности автомобиля в процессе его работы

затяжке конических роликоподшипников главной передачи и ступиц колес возрастают затраты энергии в трансмиссии и ходовой части, приводящие к ухудшению тяговой динамичности автомобиля. Такие же последствия вызывает неправильная установка передних колес или задевание тормозных колодок за барабаны при движении автомобиля.

Большое значение для тяговой динамичности автомобиля имеет техническое состояние его шин. Недостаточное давление в них повышает сопротивление качению и снижает поперечную устойчивость автомобиля. При изнашивании протектора ухудшаются сцепные свойства, увеличивается склонность к пробуксовке колес при трогании автомобиля с места и разгоне.

Снижение показателей тяговой динамичности автомобиля по мере увеличения срока его работы и ухудшения технического состояния проявляется в уменьшении максимальных скорости и ускорения, а также в снижении интенсивности разгона. Примерное изменение  $v_{max}$  и времени разгона от пробега автомобиля показано на рис. 8. При пробеге автомобиля, равном норме пробега до капитального ремонта (100%), максимальная скорость уменьшается на 10—15%, а время разгона с места увеличивается на 25—30% по сравнению с аналогичными показателями нового автомобиля, прошедшего обкатку.

6. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
Совершенствование  
его тяговой динамичности  
Во многих странах по  
мобиля путем более по  
здание равнопрочных  
и пластмасс. Блоки дв  
ния и раздаточных ко  
евых сплавов. Успехи х  
рять в автомобилестрое  
меньшую плотность по  
что важно при изготовл  
сокой антикоррозионно  
Развитие и совершен  
исходит в направлении п  
габаритных размеров и  
ния расхода топлива.  
Тяговую динамичнос  
качество обработки дет  
сорта масел, что приво  
обтекаемости автомобил  
размеров. У грузовых а  
(обтекатели), уменьшающ  
Тяговая динамичность  
путем применения бесступен  
ческой). Бесступенчатая тра  
мобилем, плавный разгон, у  
У автомобиля с бесступенча  
две педали (управления др  
даль сцепления отсутствует  
движения. Однако существу  
но сложнее механических ко  
ются высокой стойкостью  
собой увеличение расхода  
На легковых автомобилях  
тяговой динамичности добива  
дач и полной их синхрониза  
режущения передач и улучш  
дизают также электромагнит

§ 6. ТОРМОЗНАЯ  
1. ЗНАЧЕНИЕ  
для БЕЗОПАСНО  
Управляя автомобилем  
рость, приводя ее в со  
должен быть всегда в со  
случае появления



## 6. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВОЙ ДИНАМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Совершенствование конструкции автомобиля с целью улучшения его тяговой динамичности возможно по нескольким направлениям.

Во многих странах ведутся работы по уменьшению массы автомобиля путем более полного использования свойств металлов (создание равнопрочных конструкций) и применения легких сплавов и пластмасс. Блоки двигателей, картеров коробок передач, сцепления и раздаточных коробок изготавливают из алюминиевых и магниевых сплавов. Успехи химической промышленности позволили внедрить в автомобилестроение многие виды пластмасс, которые имеют меньшую плотность по сравнению с металлами, более пластичны, что важно при изготовлении деталей сложной формы, и обладают высокой антикоррозионной стойкостью.

Развитие и совершенствование автомобильных двигателей происходит в направлении повышения литровой мощности, уменьшения габаритных размеров и массы, увеличения долговечности и снижения расхода топлива.

Тяговую динамичность автомобиля можно улучшить, повышая качество обработки деталей трансмиссии и подбирая надлежащие сорта масел, что приводит к увеличению ее КПД. Для улучшения обтекаемости автомобилей выступающие части делают минимальных размеров. У грузовых автомобилей применяют специальные щитки (обтекатели), уменьшающие завихрение воздуха и силу  $R_v$ .

Тяговая динамичность автомобиля может быть значительно улучшена путем применения бесступенчатой трансмиссии (гидро- или электромеханической). Бесступенчатая трансмиссия обеспечивает легкое управление автомобилем, плавный разгон, уменьшает динамические нагрузки и вибрации. У автомобиля с бесступенчатой передачей водитель воздействует только на две педали (управления дроссельной заслонкой и тормозную), так как педаль сцепления отсутствует. Это способствует повышению безопасности движения. Однако существующие бесступенчатые трансмиссии конструктивно сложнее механических коробок передач, имеют большую массу и отличаются высокой стоимостью. КПД этих трансмиссий невысок, что влечет за собой увеличение расхода топлива.

На легковых автомобилях малого литража, где применение бесступенчатых передач затруднено вследствие их больших размеров и массы, улучшения тяговой динамичности добиваются увеличением числа передач в коробке передач и полной их синхронизацией. При этом сводится до минимума время переключения передач и улучшается режим работы двигателя. Иногда устанавливают также электромагнитные сцепления, облегчающие работу водителя.

## § 6. ТОРМОЗНАЯ ДИНАМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

### 1. ЗНАЧЕНИЕ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИЧНОСТИ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Управляя автомобилем, водитель постоянно изменяет его скорость, приводя ее в соответствие с окружающей обстановкой. Он должен быть всегда готовым к экстренной остановке автомобиля в случае появления внезапного препятствия. Замедление автомобиля,



3. Тормозные системы не должны перегреваться.
4. Эффективное торможение всего срока эксплуатации.
5. Работа тормозов должна быть эффективной.
6. Усилия, необходимые для перемещения рабочих органов, должны превышать усилие, необходимое для перемещения рабочих органов.

Полностью удовлетворительно, хотя работа механизмов и тормозов не идеальна.

Измерителями то

а) Водитель, заметив  
ку, принимает решени-  
дачу топлива на тормо-  
действий (рис. 9, а),  
дится в пределах  $0,3$ -  
теля, его возраста, сте-  
ожиданном возрасте, сте-  
ми  $t_c$  (время загорания  
ражения зазоров в соеди-  
всех его деталей. Это в  
го состоянии тормозной  
 $0,3$  с (гидравлический  
вода). У автомобилей  
низмов оно

а) Водитель, заметив  
ку, принимает решени-  
дачу топлива на тормо-  
действий (рис. 9, а),  
дится в пределах  $0,3$ -  
теля, его возраста, сте-  
ожиданном возрасте, сте-  
ми  $t_c$  (время загорания  
ражения зазоров в соеди-  
всех его деталей. Это в  
го состоянии тормозной  
 $0,3$  с (гидравлический  
вода). У автомобилей  
низмов оно

а) Водитель, заметив  
ку, принимает решени-  
дачу топлива на тормо-  
действий (рис. 9, а),  
дится в пределах  $0,3$ -  
теля, его возраста, сте-  
ожиданном возрасте, сте-  
ми  $t_c$  (время загорания  
ражения зазоров в соеди-  
всех его деталей. Это в  
го состоянии тормозной  
 $0,3$  с (гидравлический  
вода). У автомобилей  
низмов оно

а) Водитель, заметив  
ку, принимает решени-  
дачу топлива на тормо-  
действий (рис. 9, а),  
дится в пределах  $0,3$ -  
теля, его возраста, сте-  
ожиданном возрасте, сте-  
ми  $t_c$  (время загорания  
ражения зазоров в соеди-  
всех его деталей. Это в  
го состоянии тормозной  
 $0,3$  с (гидравлический  
вода). У автомобилей  
низмов оно

а) Водитель, заметив  
ку, принимает решени-  
дачу топлива на тормо-  
действий (рис. 9, а),  
дится в пределах  $0,3$ -  
теля, его возраста, сте-  
ожиданном возрасте, сте-  
ми  $t_c$  (время загорания  
ражения зазоров в соеди-  
всех его деталей. Это в  
го состоянии тормозной  
 $0,3$  с (гидравлический  
вода). У автомобилей  
низмов оно



3. Тормозные силы на колесах должны нарастать плавно, в системе не должно быть заеданий и заклиниваний.

4. Эффективность действия системы должна быть постоянной в течение всего срока службы автомобиля, а вероятность отказов минимальной.

5. Работа тормозной системы не должна вызывать потери устойчивости автомобиля.

6. Усилия, необходимые для приведения системы в действие и перемещения рабочих органов управления (педаль, рычаги), не должны превышать физических возможностей водителя.

Полностью удовлетворить все эти требования весьма затруднительно, хотя работа над совершенствованием конструкций тормозных механизмов и тормозного привода ведется во многих странах мира.

## 2. ИЗМЕРИТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИЧНОСТИ

Измерителями тормозной динамичности автомобиля являются замедление, время и путь торможения в определенном интервале скоростей, а также суммарная тормозная сила. Для их определения рассмотрим подробнее процесс экстренного торможения (рис. 9).

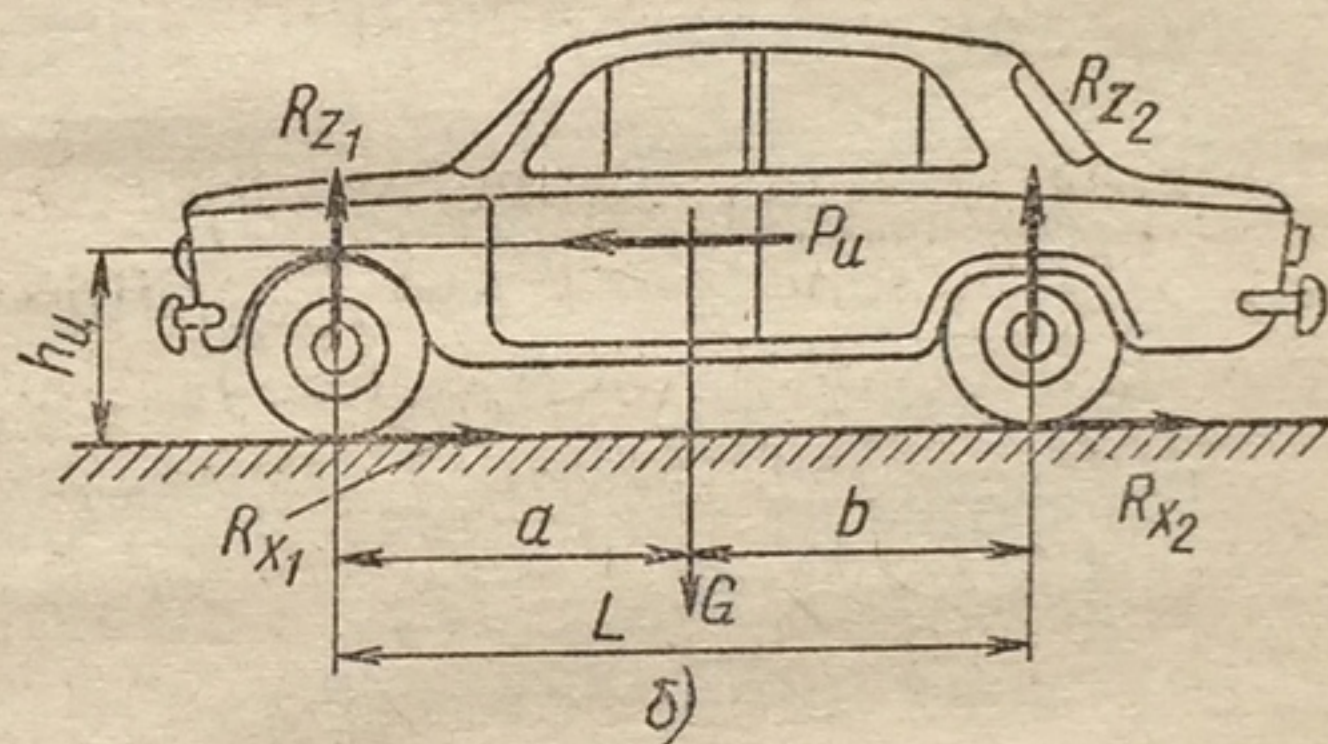
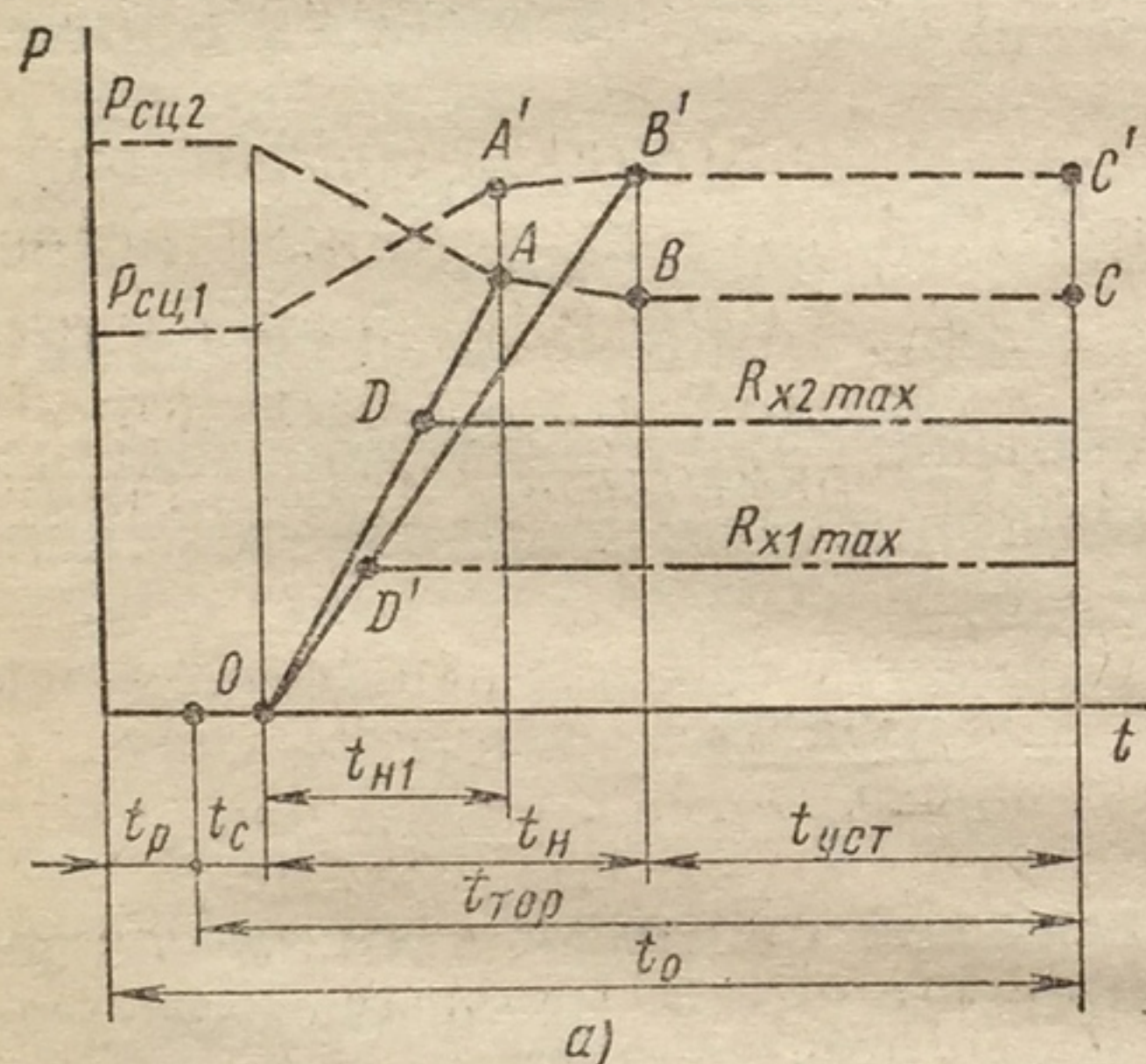


Рис. 9. Показатели тормозной динамичности автомобиля:

*a* — зависимость сил сцепления от времени; *б* — схема сил, действующих на автомобиль

Водитель, заметив препятствие, оценивает дорожную обстановку, принимает решение о торможении, переносит ногу с педали подачи топлива на тормозную педаль. Время  $t_p$ , необходимое для этих действий (рис. 9, *a*), — время реакции водителя — обычно находится в пределах 0,3—2,5 с. Оно зависит от квалификации водителя, его возраста, степени утомления и других факторов. При неожиданном возникновении опасности это время обычно больше. Время  $t_c$  (время запаздывания тормозной системы) необходимо для устранения зазоров в соединениях тормозного привода и перемещения всех его деталей. Это время, зависящее от конструкции и технического состояния тормозного привода, колеблется в среднем от 0,2—0,3 с (гидравлический привод) до 0,6—0,8 с (пневматический привод). У автопоездов с пневматическим приводом тормозных механизмов оно может достигать 2—3 с. В течение времени  $(t_p + t_c)$



автомобиль продолжает двигаться равномерно с начальной скоростью  $v_0$ . В конце этого периода возникают тормозные силы, вызывающие замедление движения. Определим эти силы, приняв для простоты расчетов, что сопротивлением дороги и воздуха можно пренебречь, а коэффициент учета вращающихся масс равен единице.

При этих допущениях согласно условиям равновесия можно написать (рис. 9, б)

$$P_{\Pi} = M_{aj_3} = R_{x1} + R_{x2}; \quad (17)$$

$$R_{z1} = \frac{Gb + P_{\Pi} h_{\Pi}}{L}; \quad (18)$$

$$R_{z2} = \frac{Ga - P_{\Pi} h_{\Pi}}{L}, \quad (19)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $h_{\Pi}$  — расстояния соответственно от центра тяжести автомобиля до переднего и заднего мостов и до поверхности дороги;  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  — касательные реакции дороги, действующие на колеса переднего и заднего мостов автомобиля;  $j_3$  — замедление автомобиля (отрицательное ускорение).

Предельное значение касательной реакции, обусловленное сцеплением шины с дорогой, называется *силой сцепления*  $P_{сц}$ . Силы сцепления для переднего  $P_{сц1}$  и заднего  $P_{сц2}$  мостов автомобиля определяют по следующим формулам:

$$P_{сц1} = R_{x1\max} = R_{z1} \varphi_x; \quad (20)$$

$$P_{сц2} = R_{x2\max} = R_{z2} \varphi_x. \quad (21)$$

Из формул (17)–(21) получаем соотношение между касательными реакциями  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$ , при котором полностью используется сцепление всех шин автомобиля с дорогой,

$$\frac{R_{x1}}{R_{x2}} = \frac{bg + h_{\Pi} j_3}{ag - h_{\Pi} j_3} = \frac{b + h_{\Pi} \varphi_x}{a - h_{\Pi} \varphi_x}.$$

Таким образом, конструкция тормозной системы должна создавать разное соотношение тормозных сил  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  при торможении с различной интенсивностью. Указанное требование трудно выполнимо, и большинство автомобилей имеют тормозные системы, обеспечивающие постоянное соотношение тормозных сил. У таких автомобилей колеса переднего и заднего мостов блокируются неодновременно. Этот недостаток устраняют путем применения противоблокировочных устройств и регуляторов, описанных ниже.

Если заторможенные колеса еще продолжают вращаться (не заблокированы), то реакции  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  можно считать приблизительно пропорциональными тормозным моментам:

$$R_{x1} = M_{\text{тор}1}/r; \quad (22)$$

$$R_{x2} = M_{\text{тор}2}/r, \quad (23)$$

где  $M_{\text{тор}1}$  и  $M_{\text{тор}2}$  — тормозные моменты на колесах переднего и заднего мостов.



Величины тормозных моментов зависят от конструкции рабочей тормозной системы, ее технического состояния и от управляющего воздействия водителя (силы и темпа нажатия на орган управления).

При экстренном торможении тормозные моменты для тормозной системы с гидроприводом можно считать линейными функциями времени; для тормозных систем с пневмоприводом эти зависимости ближе к экспоненциальным, но их часто можно без большой погрешности аппроксимировать линейными уравнениями. Таким образом, до начала блокировки колес касательные реакции можно считать пропорциональными времени:

$$R_{x1} = K_1 t; \quad (24)$$

$$R_{x2} = K_2 t, \quad (25)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — скорости нарастания тормозных сил; для тормозных систем с гидроприводом они равны 15—30 кН/с, с пневмоприводом 25—100 кН/с.

Изменение реакций  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  по времени показано на рис. 9, а сплошными линиями. Величины  $K_1$  и  $K_2$ , обуславливающие значение этих реакций и относительное расположение соответствующих им линий на графике, зависят от типа автомобиля. У легковых автомобилей центр тяжести расположен примерно посередине базы. При их торможении нагрузка на передний мост больше, чем на задний; для более полного использования сцепления передних шин с дорогой тормозную систему конструируют так, чтобы обеспечить  $K_1 > K_2$ . У грузовых автомобилей и автобусов основная часть нагрузки (до 70%) приходится на задний мост, и тормозная сила, действующая на него, должна расти быстрее, чем тормозная сила, действующая на передний мост ( $K_1 < K_2$ ).

Увеличение тормозного момента, приложенного к колесу, вызывает рост касательной реакции, который продолжается до тех пор, пока она не достигнет максимального значения, обусловленного сцеплением шины с дорогой. Предельные значения касательных реакций  $P_{сц1}$  и  $P_{сц2}$  определяются формулами (20) и (21).

Нормальные реакции дороги  $R_{z1}$  и  $R_{z2}$ , действующие на передний и задний мосты автомобиля, в свою очередь зависят от интенсивности торможения, изменяясь с изменением замедления  $j_z$ .

В начале торможения реакции  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  определяются уравнениями (24) и (25), следовательно,

$$P_{\Sigma} = R_{x1} + R_{x2} = (K_1 + K_2) t \quad (26)$$

и

$$P_{сц1} = \frac{Gb + (K_1 + K_2) h_{ц} t}{L} \varphi_x; \quad (27)$$

$$P_{сц2} = \frac{Ga - (K_1 + K_2) h_{ц} t}{L} \varphi_x. \quad (28)$$



Таким образом, в первый период торможения предельное значение касательной реакции (силы сцепления) на колесах переднего моста увеличивается с течением времени, а на колесах заднего уменьшается. Если считать коэффициент сцепления постоянным, то силы  $P_{сц1}$  и  $P_{сц2}$  после начала торможения изменяются пропорционально времени, как показано на рис. 9, а штриховыми линиями.

За время  $t_{ц1}$  касательная реакция на колесах одного из мостов (чаще всего заднего) достигает предельного значения по условиям сцепления, и колеса этого моста блокируются (точка  $A$ ). После этого касательная реакция на передних колесах по-прежнему растет (точка  $A'$ ) в соответствии с формулой (20), а реакция  $R_{x2}$  (участок  $AB$ ) уже не зависит от тормозного момента. Водитель может прикладывать к педали сколь угодно большое усилие, все равно эта реакция будет уменьшаться с течением времени, оставаясь равной силе сцепления. Однако уменьшение касательной реакции на задних колесах вызывает уменьшение силы инерции  $P_{и}$ , что в свою очередь, отражается на динамическом перераспределении нагрузок и величинах нормальных реакций дороги.

Сила инерции автомобиля после блокировки колес заднего моста

$$P_{и} = P_{сц2} + K_1 t. \quad (29)$$

Подставляя это значение  $P_{и}$  в выражения (18) и (19) и решая их совместно с выражениями (20) и (21), получаем

$$P_{сц1} = \frac{G(b + h_{ц} \varphi_x) + K_1 h_{ц} t}{L + h_{ц} \varphi_x} \varphi_x; \quad (30)$$

$$P_{сц2} = \frac{Ga - K_1 h_{ц} t}{L + h_{ц} \varphi_x} \varphi_x. \quad (31)$$

Спустя время  $t_{ц}$  блокируются колеса и переднего моста, так как предельного значения по условиям сцепления достигает сила  $R_{x1}$  (точка  $B'$ ). После этого касательные реакции на колесах обоих мостов автомобиля становятся равными силам сцепления (участки  $BC$  и  $B'C'$ ), т. е. достигают максимальных значений, и суммарная сила сцепления всех колес автомобиля в третьем, заключительном периоде торможения

$$R_{x1} + R_{x2} = (R_{z1} + R_{z2}) \varphi_x = G \varphi_x. \quad (32)$$

Закон изменения касательной реакции на колесах переднего моста в процессе торможения характеризуется линией  $OB'C'$ , а на колесах заднего — линией  $OABC$ .

Если считать коэффициент сцепления постоянным, то в третьем периоде (время полного торможения) касательные реакции также постоянны.

Выше предполагалось, что тормозные силы могут беспрепятственно достигать предельных значений по условиям сцепления. Практически у автомобиля, оборудованного тормозной системой с гидроприводом, предельная величина тормозных сил ограничена физиче-



скими возможностями водителя. Усилие, развиваемое им при экстренном нажатии на тормозную педаль, составляет в среднем 500—600 Н и не превышает 1000—1200 Н. У автомобиля, имеющего тормозную систему с пневмоприводом, рост тормозных сил лимитируется мощностью компрессора и давлением воздуха в магистрали. В обоих случаях тормозные моменты часто оказываются недостаточными для блокировки колес даже при полном использовании конструктивных возможностей автомобиля, и колеса продолжают вращаться до остановки автомобиля. Рост касательных реакций прекращается в точках  $D$  и  $D'$ , после чего они остаются примерно постоянными и равными  $R_{x1\max}$  и  $R_{x2\max}$  (штрихпунктирные линии). Иногда блокируются колеса только одного моста (чаще всего заднего). Тормозные моменты на колесах другого моста недостаточно велики для доведения их до юза, и колеса продолжают вращаться.

Так, например, для автомобилей с большой массой нужны тормоза с большими поверхностями трения, которые необходимо хорошо охлаждать. Однако большие тормоза трудно разместить внутри колес, а увеличение их массы нежелательно по соображениям плавности хода автомобиля. Поэтому максимальные значения касательных реакций грузовых автомобилей большой грузоподъемности и автобусов большой вместимости при движении по сухим дорогам обычно меньше силы сцепления. Показатели тормозной динамичности таких автомобилей ниже, чем у автомобилей, имеющих меньшую массу. Кроме того, иногда конструкторы, стремясь предотвратить блокировку передних колес и потерю управляемости при торможении, ограничивают максимальную величину тормозных моментов на колесах переднего моста, что также приводит к неполному использованию сцепления с дорогой и ухудшению динамичности.

Если блокируются только колеса заднего моста, а максимальная касательная реакция  $R_{x1\max}$  остается меньше силы сцепления  $P_{сц1}$ , то в этом случае также справедливы формулы (27) и (31). В конце второго периода сила сцепления задней оси уменьшается до величины

$$P_{сц2} = \frac{Ga - R_{x1\max} h_{ц}}{L + h_{ц} \varphi_x} \varphi_x, \quad (33)$$

после чего остается постоянной до остановки автомобиля.

### 3. ЗАМЕДЛЕНИЕ, ВРЕМЯ И ПУТЬ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ АВТОМОБИЛЯ

Оценочными показателями тормозной динамичности автомобиля служат среднее замедление за период полного торможения и путь автомобиля от начала воздействия водителя на орган управления до остановки, т. е. за время  $t_c + t_n + t_{уст}$ , где  $t_c$  — время запаздывания тормозной системы;  $t_n$  — время нарастания замедления;  $t_{уст}$  — интервал времени, в котором замедление постоянно. Для получения сравнимых результатов эти показатели определяют приме-



нительно к экстренному торможению автомобиля на горизонтальной дороге с сухим твердым и ровным покрытием. Основным (а иногда и единственным) показателем тормозной динамичности более чем в половине международных нормативных документов считается тормозной путь. Приблизительно в 40% документов фигурирует также установившееся замедление. Значения показателей, конкретизированные для отдельных типов автомобилей, используют в качестве нормативов эффективности тормозных систем.

Продолжительность периода  $t_{н1}$  (см. рис. 9, а) от начала торможения автомобиля до блокировки задней оси находим из выражений (25) и (28):

$$t_{н1} = \frac{Ga\varphi_x}{K_2 L + (K_1 + K_2) h_{ц} \varphi_x}. \quad (34)$$

Замедление в этом периоде изменяется прямо пропорционально времени

$$j_z = -\frac{dv}{dt} = \frac{K_1 + K_2}{M} t. \quad (35)$$

В конце периода при  $t = t_{н1}$  замедление

$$j'_z = \frac{K_1 + K_2}{M} t_{н1}. \quad (36)$$

Интегрируя выражение (35), получаем значения скорости  $v_1$  и пути  $S_1$  автомобиля в конце первого периода (при  $t = t_{н1}$ ):

$$v_1 = v_0 - \frac{\alpha_T t_{н1}^2}{2}; \quad (37)$$

$$S_1 = v_0 t_{н1} - \frac{\alpha_T t_{н1}^3}{6}, \quad (38)$$

где  $v_0$  — начальная скорость автомобиля;  $\alpha_T = (K_1 + K_2)/M$ .

В большинстве случаев последним членом в формуле (38) можно пренебречь, тогда,

$$S_1 \approx v_0 t_{н1}. \quad (39)$$

Продолжительность периода  $t_n$  находим из условия равенства касательной реакции  $R_{x1}$  силе сцепления  $P_{сц1}$ . Подставляя в выражения (24) и (30) вместо  $t$  величину  $t_n$  и решая их совместно, получаем

$$t_n = \frac{G\varphi_x (b + h_{ц} \varphi_x)}{K_1 L}. \quad (40)$$

Замедление после начала блокировки колес заднего моста изменяется с течением времени:

$$j'_z = \frac{\alpha \varphi_x g}{L + h_{ц} \varphi_x} + \frac{K_1 L}{M (L + h_{ц} \varphi_x)} t = \beta_T + \gamma_T t, \quad (41)$$

где

$$\beta_T = \frac{\alpha \varphi_x g}{L + h_{ц} \varphi_x}; \quad \gamma_T = \frac{K_1 L}{M (L + h_{ц} \varphi_x)}.$$



Интегрирование этой формулы дает следующие значения скорости  $v_2$  и пути  $S_2$  для момента блокировки колес переднего моста (при  $t = t_H$ ):

$$v_2 = v_1 - \beta_T (t_H - t_{H1}) - \frac{\gamma_T}{2} (t_H^2 - t_{H1}^2); \quad (42)$$

$$S_2 = S_1 + v_1 (t_H - t_{H1}) + \beta_T t_H t_{H1} - \frac{\beta_T}{2} (t_H^2 + t_{H1}^2) + \frac{\gamma_T}{2} \left( t_{H1}^2 t_H - \frac{t_H^3 + 2t_{H1}^3}{3} \right). \quad (43)$$

Пренебрегая последним членом в формуле (43) вследствие его малой величины, получаем выражение для пути

$$S_2 = S_1 + v_1 (t_H - t_{H1}) - \frac{\beta_T}{2} (t_H - t_{H1})^2. \quad (44)$$

В заключительном периоде торможения, когда колеса обоих мостов заблокированы, сила инерции

$$P_H = G\varphi_x, \quad (45)$$

а замедление

$$j_3'' = g\varphi_x. \quad (46)$$

Следовательно, при  $\varphi_x = \text{const}$  замедление в этом периоде также постоянно. Автомобиль движется равнозамедленно, и его скорость равномерно падает от  $v_2$  до нуля:

$$v = v_2 - j_3'' t. \quad (47)$$

Продолжительность третьего периода (при  $v_3 = 0$ )

$$t_{уст} = v_2 / j_3'' = v_2 / g\varphi_x. \quad (48)$$

Таким образом, время от начала воздействия водителя на орган управления до остановки автомобиля (время торможения)

$$t_{тор} = t_c + t_H + t_{уст}. \quad (49)$$

Время от начала возникновения опасной обстановки до остановки автомобиля (остановочное время)

$$t_o = t_p + t_c + t_H + t_{уст}. \quad (50)$$

Перемещение автомобиля за время  $t_{уст}$

$$S_{уст} = v_2^2 / (2j_3'') = v_2^2 / (2g\varphi_x). \quad (51)$$

Тормозной путь автомобиля

$$S_T = S_c + S_H + S_{уст}, \quad (52)$$

где  $S_c$  — перемещение автомобиля за время  $t_c$ ;

$S_H$  — перемещение автомобиля за время  $t_H$ .

Остановочный путь автомобиля

$$S_o = S_p + S_c + S_H + S_{уст}, \quad (53)$$

где  $S_p$  — перемещение автомобиля за время реакции водителя  $t_p$ .



Если у автомобиля блокируются только колеса заднего моста и мощность тормозных механизмов недостаточна для доведения передних колес до юза, то справедливы выражения (35)—(39) и (41)—(44). Однако время  $t_n$  следует определять не по формуле (40), а по выражению

$$t_n = R_{x1\max}/K_1. \quad (54)$$

Замедление на третьем этапе в этом случае

$$j_3^m = \frac{Ga\varphi_x + R_{x1\max} h_{\Pi}}{(L + h_{\Pi} \varphi_x) M}. \quad (55)$$

Величина замедления, определенная по последней формуле, меньше вычисленной по выражению (46).

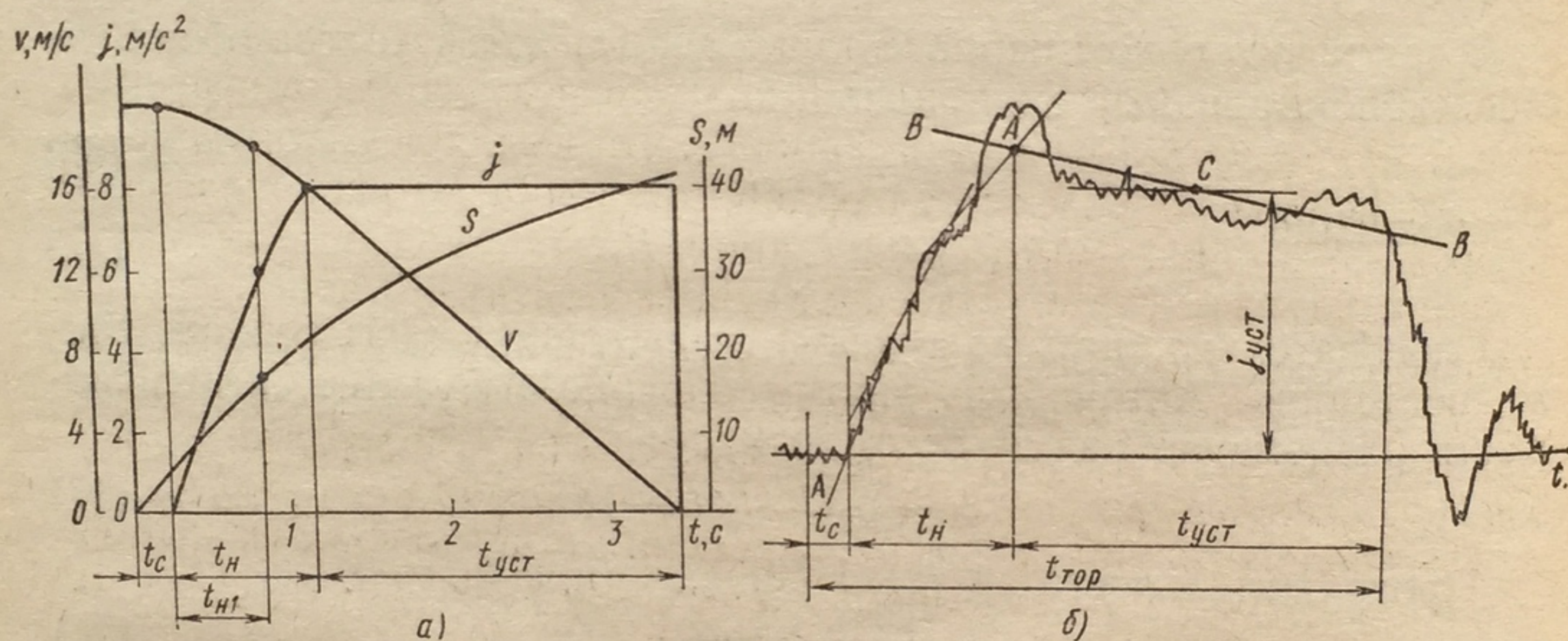


Рис. 10. Тормозные диаграммы автомобиля:  
а — расчетная; б — экспериментальная

Полученные формулы дают возможность определять скорость, замедление и путь автомобиля в любой момент торможения. На рис. 10, а в качестве примера показано изменение замедления грузового автомобиля по времени (тормозная диаграмма), определенное для следующих данных:  $M = 8000$  кг;  $a = 2,5$  м;  $b = 1,5$  м;  $h_{\Pi} = 0,7$  м;  $\varphi_x = 0,7$ ;  $K_1 = 30$  кН/с;  $K_2 = 50$  кН/с;  $t_c = 0,2$  с.

Если максимальные значения  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  ограничены только сцеплением шин с дорогой, то продолжительность первых двух периодов торможения невелика по сравнению со временем полного торможения. Так, в данном примере время  $t_{n1}$  от начала снижения скорости до блокировки колес заднего моста равно приблизительно 0,5 с. Колеса переднего моста блокируются после этого еще через 0,3 с, продолжительность третьего периода равна 2,3 с, а общее время торможения составляет 3,1—3,2 с. Скорость автомобиля при  $t = t_{n1}$  уменьшается с 20 до 18,3 м/с, а при  $t = t_n$  — до 16,1 м/с. Перемещение автомобиля за время  $t_n$  равно 17,8 м, а за время  $t_{уст}$  16 м. Общий тормозной путь составляет около 40 м.



Если максимальные значения реакций ограничены конструкцией тормозной системы и составляют, например,  $R_{x1\max} = 15$  кН и  $R_{x2\max} = 25$  кН, то максимальное замедление автомобиля падает с 7 до 5 м/с<sup>2</sup>, время торможения возрастает до 4,6 с, а тормозной путь до 52 м.

Сравним расчетные данные с экспериментальными. На рис. 10, б показана тормозная диаграмма аналогичного автомобиля, полученная во время дорожных испытаний. Как видно на графике, в действительности замедление в течение времени  $t_n$  может изменяться не по линейному, а по другому, более сложному закону, и начало блокировки колес заднего моста трудно установить. В течение времени  $t_{уст}$  замедление не остается постоянным, а после остановки автомобиля кривая проходит ниже оси абсцисс. Последнее вызвано колебаниями кузова на подвеске, в которой установлена регистрирующая аппаратура.

При обработке экспериментального графика кривые линии аппроксимируют линиями  $AA$  и  $BB$ , точку пересечения которых считают началом установившегося торможения. Величина замедления в третьем периоде определяется ординатой точки  $C$ , расположенной посередине аппроксимирующей линии  $BB$ .

Формулы (34) и (55) учитывают основные факторы, влияющие на процесс торможения, в том числе конструктивные особенности автомобиля: массу, положение центра тяжести, базу, скорости нарастания тормозных сил и т. п. Если известны  $t_c$ ,  $t_n$  и  $j_{уст}$ , то тормозной путь можно рассчитать следующим образом.

Предположим, что в течение времени  $t_n$  автомобиль движется равнозамедленно с замедлением, равным  $0,5j_{уст}$ , и найдем скорость  $v_2$ , соответствующую началу замедления:

$$v_2 = v_0 - 0,5j_{уст}t_n.$$

Перемещение автомобиля за время  $t_n$

$$S_n = v_0t_n - 0,25j_{уст}t_n^2 \approx v_0t_n.$$

Перемещение автомобиля за время  $t_{уст}$

$$S_{уст} = v_2^2/(2j_{уст}) \approx v_0^2/(2j_{уст}) - 0,5v_0t_n.$$

Следовательно, полный тормозной путь

$$S_T = S_c + S_n + S_{уст} = v_0(t_c + 0,5t_n) + v_0^2/(2j_{уст})$$

Остановочный путь автомобиля

$$S_o = (t_p + t_c + 0,5t_n)v_0 + v_0^2/(2j_{уст}).$$

При полном использовании сцепления с дорогой всеми колесами автомобиля замедление определяют по формуле (46), тогда остановочный путь

$$S_o = (t_p + t_c + 0,5t_n)v_0 + v_0^2/(2g\varphi_x).$$

Как указывалось выше, у многих автомобилей достичь одновременной блокировки всех колес не удастся как по причинам конструк-



тивного характера, так и вследствие ухудшения эффективности тормозной системы и шин в процессе эксплуатации. Поэтому для приближения результатов расчета к фактическим данным в формулы вводят поправочный коэффициент  $K_a$  — коэффициент эффективности торможения. Примерные значения его для сухого асфальто- или цементнобетонного покрытия ( $\varphi_x = 0,7$ ) даны в табл. 5.

5. Коэффициент эффективности торможения

Автомобили	Без нагрузки	С полной нагрузкой
Легковые	1,1—1,15	1,15—1,2
Грузовые с максимальной массой до 10 т и автобусы длиной до 7,5 м	1,1—1,3	1,5—1,6
Грузовые с максимальной массой свыше 10 т и автобусы длиной более 7,5 м	1,4—1,6	1,6—1,8

С учетом коэффициента  $K_a$  формулы для замедления, остановочного времени и остановочного пути приобретают следующий вид:

$$j_{уст} = g\varphi_x / K_a;$$

$$t_o = t_p + t_c + 0,5t_n + K_a v_o / g\varphi_x;$$

$$S_o = (t_p + t_c + 0,5t_n) v_o + K_a v_o^2 / g\varphi_x.$$

При малом коэффициенте сцепления величина тормозных сил у любого автомобиля достаточна для доведения всех колес до скольжения. Поэтому при  $\varphi_x \leq 0,4$  следует принимать  $K_a = 1$  для автомобилей всех типов.

#### 4. ИСПЫТАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ НА ТОРМОЗНУЮ ДИНАМИЧНОСТЬ

Повышение максимальных и средних скоростей движения, а также увеличение плотности транспортных потоков явились причиной установления жестких требований к эффективности и надежности тормозных систем автомобилей. На первой стадии автомобилизации достаточно было добиться максимальной эффективности при однократном торможении, т. е. при холодных тормозных механизмах. В настоящее время необходимо выполнение нескольких дополнительных условий. Тормозная система современного автомобиля должна обеспечивать высокую интенсивность торможения при ограниченном усилии водителя и минимальное уменьшение эффективности после многократного торможения с высокой скоростью (т. е. при нагретых тормозных механизмах). Кроме того, даже при самом резком торможении автомобиля должно быть сохранено направление движения. В ряде стран внедрены обязательные испытания автомобилей на тормозную динамичность. В СССР для новых автомобилей нормативы эффективности рабочей тормозной системы приведены в ГОСТ 22895—77.



Измерителями при оценке эффективности рабочей тормозной системы автомобилей являются тормозной путь и установившееся замедление, а автопоездов — величина суммарной тормозной силы и время срабатывания системы.

Тормозная сила, развиваемая на колесах моста прицепа или полуприцепа, численно не должна быть меньше 56% полного веса, приходящегося на данный мост в статическом состоянии автопоезда на горизонтальном участке дороги. Время приведения в действие органа управления рабочей тормозной системой должно быть не более 0,2 с, а время срабатывания — не более 0,6 с.

Эффективность тормозов проверяют во время дорожных испытаний автомобиля. Автомобиль испытывают на прямолинейном горизонтальном участке дороги (продольный уклон не более 0,05) с коэффициентом сцепления, равным 0,7. Скорость ветра при испытаниях должна быть не больше 3 м/с, а температура окружающей среды находится в пределах от  $-5$  до  $+30^{\circ}\text{C}$ . Выход автомобиля из коридора шириной 3,5 м и разворот его на угол более  $8^{\circ}$  при испытаниях недопустимы.

Стандартом предусмотрено три вида испытаний: испытания 0, I и II.

При *испытаниях 0* оценивается эффективность рабочей тормозной системы при холодных тормозных механизмах, когда температура тормозного барабана или диска не превышает  $100^{\circ}\text{C}$ . Регламентированные скорость автомобиля перед торможением и усилие, прикладываемое водителем к тормозной педали, не должно превышать значений, указанных в табл. 6; усилие, прикладываемое к ручному рычагу, не должно быть более 250 Н. Средние значения тормозного пути и установившегося замедления, рассчитанные по результатам контрольных торможений при движении автомобиля по испытательному участку в обоих направлениях, должны соответствовать данным табл. 6.

*Испытания I*, служащие для определения эффективности рабочей тормозной системы при нагретых тормозных механизмах, включают два этапа: предварительный и основной. Во время предварительного этапа происходит нагрев тормозных механизмов. Основным этапом, аналогичным испытаниям 0, проводится не позднее чем через 45 с после окончания предварительного этапа. Для нагревания тормозных механизмов автомобиль многократно разгоняют и тормозят с максимальной интенсивностью. Начальная скорость торможения должна составлять  $0,8v_{\text{max}}$ , а конечная  $0,4v_{\text{max}}$ . Число циклов разгон—торможение равно 15—20, а длительность одного цикла составляет 45—60 с. Автомобиль считается прошедшим испытания, если эффективность контрольных торможений на основном этапе соответствует нормативам, приведенным в табл. 6, а длина тормозного пути не превышает 165% величины, полученной во время испытаний 0 данного автомобиля. Нормативное значение тормозного пути при испытаниях I на 25% больше тормозного пути при испытаниях 0.



## 6. Нормативы эффективности рабочей тормозной системы

Автомобили	Полная масса, т	Начальная скорость, м/с	Усилие на тормозной педали, Н	Испытания 0		Испытания I		Испытания II	
				Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м/с <sup>2</sup>	Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м/с <sup>2</sup>	Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м/с <sup>2</sup>
Пассажирские с числом мест не более 8	—	22,2	500	43,2	7,0	54,0	5,4	57,5	5,0
То же с числом мест более 8	До 5	16,7	700	25,8	7,0	32,3	5,3	34,3	4,9
»	Св. 5	16,7	700	32,1	6,0	40,1	4,5	42,7	4,1
Грузовые	До 3,5	19,4	700	44,8	5,5	56,0	4,1	59,6	3,8
То же	3,5—12	13,91	700	25,0	5,5	31,3	4,0	33,3	3,7
»	Св. 12	11,1	700	17,2	5,5	21,5	4,0	22,9	3,6

Испытания II проводят для определения эффективности рабочей тормозной системы при движении автомобиля по затяжному спуску. Испытания состоят из двух этапов: предварительного и основного. За время предварительного этапа тормозные механизмы должны поглотить такое же количество энергии, какое они поглотили бы при движении заторможенного автомобиля по спуску с уклоном 0,06 и длиной 6 км со скоростью  $8,3 \pm 1,4$  м/с. При движении автомобиля должна быть включена понижающая передача, которая обеспечивает максимально возможное торможение двигателем, но при которой угловая скорость коленчатого вала не превышает  $\omega_N$ .

Вследствие организационных и технических трудностей проведения испытаний на спусках большой длины тормозные механизмы во время предварительного этапа нагревают с помощью последовательных циклов разгон—торможение по методике, применяемой при испытаниях I, или путем буксировки заторможенного автомобиля. Результаты контрольных испытаний основного этапа должны соответствовать нормативам, указанным в табл. 9. Нормативные величины тормозного пути при испытаниях II на 33% больше величины тормозных путей при испытаниях 0.

В табл. 7 приведены показатели тормозной динамичности отечественных автомобилей, полученные при заводских и государственных испытаниях. Большинство советских автомобилей имеет тормозные системы, обеспечивающие экстренную остановку на достаточно коротких дистанциях. Величины тормозных путей и установившихся замедлений, как правило, укладываются в нормативные пределы.

ЗАЗ-968А «За  
рожец»  
ВАЗ-2101 «Жи  
ли»  
«Москвич-412»  
ГАЗ-24 «Волга»  
ГАЗ-14 «Чайка»  
ЗИЛ-117  
РАФ-2203 «Ла  
вия»  
ПАЗ-672

Запасную  
гичной метод  
ной системы.  
соответствова

Пассажирские  
лее 8  
То же, с числом  
Грузовые

При испы  
прицепа или  
ленно не дол  
данный мост  
ном участке  
вания запас  
рабочей сист  
Эффектив  
движении ав  
ответствующ  
го автомобил



# 7. Показатели тормозной динамичности отечественных автомобилей

Автомобили	Началь- ная ско- рость, м/с	Тормозной путь, м	Устано- вившееся замедле- ние, м/с <sup>2</sup>	Автомобили	Началь- ная ско- рость, м/с	Тормозной путь, м	Устано- вившееся замедле- ние, м/с <sup>2</sup>
ЗАЗ-968А «Запо- рожец»	22,2	35,0	7,0	ЛАЗ-695Н	16,7	33,8	5,4
ВАЗ-2101 «Жигу- ли»	22,2	34,0	7,0	ЛиАЗ-677	16,7	30,0	6,0
«Москвич-412»	22,2	38,6	8,3	УАЗ-451ДМ	19,5	53,0	—
ГАЗ-24 «Волга»	22,2	39,6	7,3	ГАЗ-53А	13,9	29,2	—
ГАЗ-14 «Чайка»	22,2	41,8	—	ЗИЛ-130	13,9	27,0	—
ЗИЛ-117	22,2	38,5	6,6	КамАЗ-5320	11,1	17,2	—
РАФ-2203 «Лат- вия»	16,7	26,0	6,9	МАЗ-500А	11,1	18,0	—
ПАЗ-672	16,7	35,5	5,2				

Запасную тормозную систему испытывают по методике, анало-  
гичной методике, применяемой при испытаниях 0 рабочей тормоз-  
ной системы. Эффективность запасной тормозной системы должна  
соответствовать данным табл. 8.

## 8. Нормативы эффективности запасной тормозной системы

Автомобили	Полная масса, т	Начальная скорость, м/с	Усилие на ор- гане управле- ния, Н, не более		Тормозной путь, м	Устано- вившееся замедле- ние, м/с <sup>2</sup>
			ручном	ножном		
Пассажирские с числом мест не бо- лее 8	—	22,2	400	500	90,1	3,0
То же, с числом мест более 8	До 5	16,7	600	700	52,2	3,0
	Св. 5	16,7	600	700	52,2	3,0
Грузовые	До 3,5	19,5	600	700	79,0	2,8
	3,5— 12	13,9	600	700	42,5	2,8
	Св. 12	11,2	600	700	28,4	2,8

При испытании 0 автопоездов тормозная сила на колесах моста  
прицепа или полуприцепа, создаваемая запасной системой, чис-  
ленно не должна быть меньше 28% полного веса, приходящегося на  
данный мост в статическом состоянии автомобиля на горизонталь-  
ном участке дороги. Время приведения в действие и время срабаты-  
вания запасной тормозной системы должны быть теми же, что и у  
рабочей системы.

Эффективность стояночной тормозной системы проверяют при  
движении автомобиля по участку дороги с продольным уклоном, со-  
ответствующим указанному в технической характеристике данно-  
го автомобиля, но не менее 0,25. Работу системы проверяют как на



подъеме, так и на спуске. Величина усилия, прикладываемого к ручному рычагу пассажирского автомобиля с числом мест не более восьми, не должна превышать 400 Н, а к тормозной педали 500 Н. Для автомобилей других типов усилие, прикладываемое к ручному рычагу, должно быть не более 600 Н, а к тормозной педали 700 Н.

Эффективность вспомогательной тормозной системы должна обеспечивать движение полностью нагруженного автомобиля по спуску с уклоном 0,07 и длиной 6 км с постоянной скоростью  $8,3 \pm 0,6$  м/с. При использовании в качестве тормоза двигателя скорость автомобиля должна находиться в пределах  $8,3 \pm 1,4$  м/с.

## 5. ВРЕМЯ И ПУТЬ НЕЗАВЕРШЕННОГО ОБГОНА

Выше был рассмотрен обгон, в процессе которого обгоняющий автомобиль возвращается на свою полосу движения впереди обгоняемого автомобиля. В практике часто встречаются случаи, когда

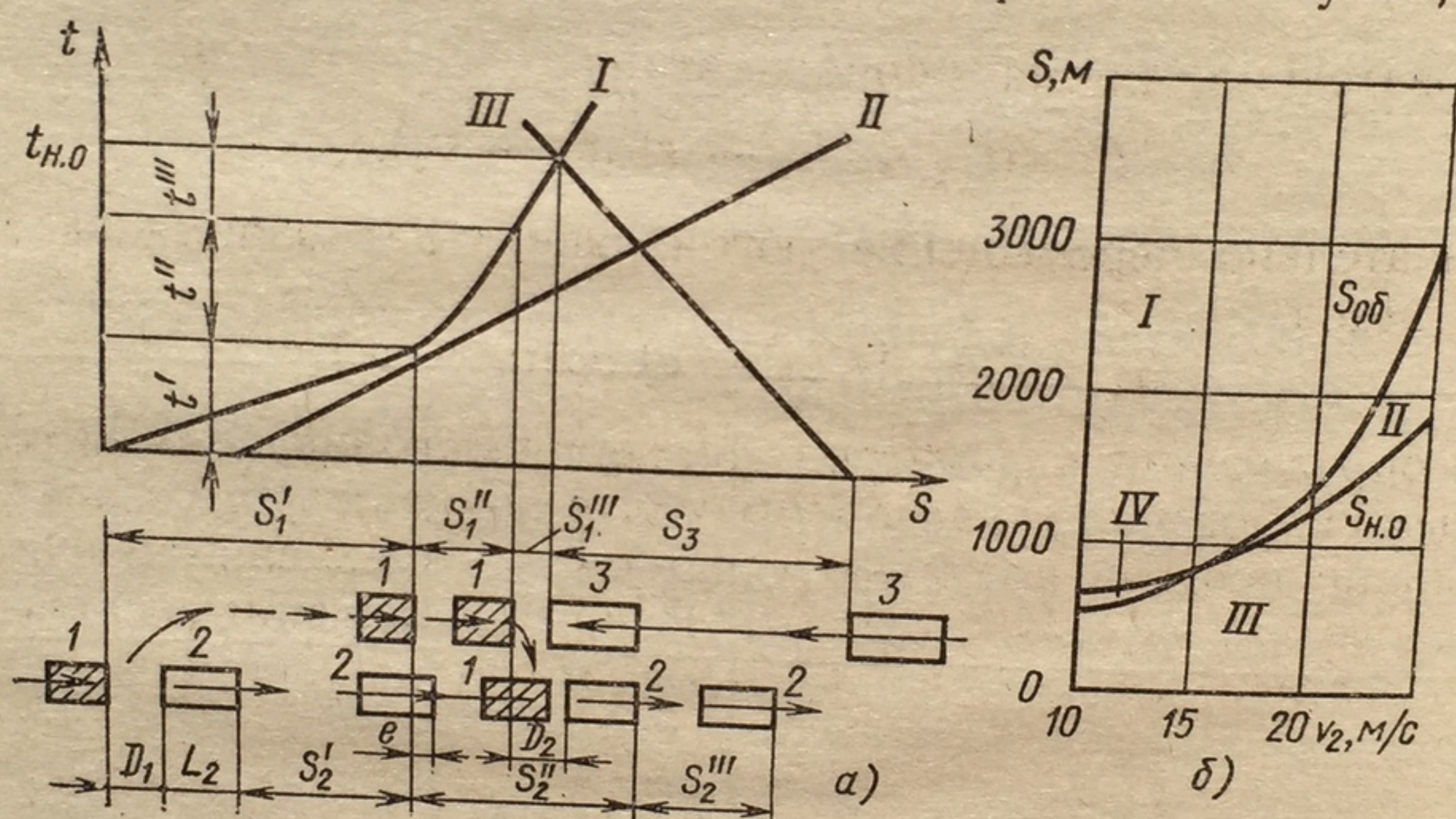


Рис. 11. Незавершенный обгон:

а — схема и график обгона; б — изменение  $S_{об}$  и  $S_{н.о.}$  в зависимости от  $v_2$

водителю, начавшему обгон, не удастся его закончить. Причина может заключаться либо во внезапном появлении препятствия, либо в неверном первоначальном расчете. Убедившись в невозможности закончить обгон, водитель вынужден уменьшить скорость и возвратиться в прежнее положение. Такой обгон называют *незавершенным*.

В начале незавершенного обгона (время  $t'$ ) обгоняющий автомобиль, двигаясь со скоростью  $v_1$ , выезжает на соседнюю полосу движения (рис. 11). Решив отказаться от обгона, водитель снижает скорость автомобиля до минимально устойчивой (ползучей) скорости  $v'_1$ . Учитывая наличие опасности для движения, водитель тормозит обычно с максимальной интенсивностью (время  $t''$ ). Затем, ведя автомобиль с ползучей скоростью, водитель пропускает вперед обгоняемый автомобиль и возвращается на прежнюю полосу (вре-



мя  $t'''$ ). Возможность выполнения этого маневра зависит как от тяговой, так и от тормозной динамичности автомобиля.

Определим время и путь незавершенного обгона.

Перемещение обгоняющего автомобиля на первом этапе обгона (рис. 11, а)

$$S'_1 = v_1 t' = D_1 + L_2 + S'_2 - e,$$

где  $S'_1$  и  $S'_2$  — перемещения соответственно обгоняющего и обгоняемого автомобилей на первом этапе, т. е. за время  $t'$ ;  $e$  — расстояние между передними частями обгоняющего и обгоняемого автомобилей в момент окончания первого этапа; если обгоняющий автомобиль еще не догнал обгоняемый, это расстояние считается отрицательным; если обгоняющий автомобиль перегнал обгоняемый, то перед  $e$  ставится плюс.

Перемещение обгоняемого автомобиля за время  $t'$

$$S'_2 = v_2 t'.$$

Следовательно, время первого этапа

$$t' = (D_1 + L_2 - e) / (v_1 - v_2).$$

Окончательно перемещение обгоняющего автомобиля за время первого этапа

$$S'_1 = (D_1 + L_2 - e) v_1 / (v_1 - v_2).$$

Для определения параметров движения обгоняющего автомобиля найдем скорость этого автомобиля  $v'_1$  в конце второго этапа обгона. Если пренебречь временем увеличения замедления и считать, что обгоняющий автомобиль движется при торможении равнозамедленно с постоянным замедлением  $j_3$ , то можно записать

$$v'_1 = v_1 - j_3 t''.$$

Отсюда время второго этапа

$$t'' = (v_1 - v'_1) / j_3.$$

Минимально устойчивая скорость  $v'_1$  обычно невелика и, как показывают наблюдения, колеблется в пределах 3—5 м/с.

Перемещение обгоняющего автомобиля в течение второго этапа обгона

$$S''_1 = [v_1^2 - (v'_1)^2] / (2j_3) = v_1 t'' - 0,5 j_3 (t'')^2.$$

Время  $t'''$ , необходимое для возвращения обгоняющего автомобиля на свою полосу движения, и перемещение его  $S'''_1$  при этом находим из следующих соображений.

В соответствии с рис. 11, а можно написать

$$S''_1 + S'''_1 + L_2 + D_2 = S'_2 + S'''_2 + e,$$

где  $S''_2$  и  $S'''_2$  — перемещения обгоняемого автомобиля соответственно на втором и третьем этапах обгона.



Дистанция безопасности  $D_2$  в этом случае намного меньше, чем при обычном (завершенном) обгоне, и составляет в опасной обстановке примерно 15—25 м.

Поскольку

$$S''_1 = v t''' \text{ и } S''_2 = v_2 t''',$$

то

$$S''_1 + v_1 t''' + L_2 + D_2 = v_2 t''' + S''_2 + e.$$

Отсюда время третьего этапа обгона

$$t''' = \frac{S''_1 + L_2 + D_2 - S''_2 - e}{v_2 - v_1}.$$

Путь обгоняющего автомобиля за время  $t'''$

$$S'''_1 = \frac{S''_1 + L_2 + D_2 - S''_2 - e}{v_2 - v_1} v_1.$$

Зная продолжительность каждого этапа и перемещения обгоняющего автомобиля, можно найти и полный путь незавершенного обгона

$$S_{н.о} = S'_1 + S''_1 + S'''_1.$$

Соответственно время незавершенного обгона

$$t_{н.о} = t' + t'' + t''.$$

Для того чтобы водитель, убедившись в опасности начатого обгона, успел его прервать и своевременно вернуться на прежнюю полосу движения необходимо, чтобы в момент начала обгона расстояние до встречного автомобиля, движущегося со скоростью  $v_3$ ,

$$S_{св} \geq S_{н.о} + v_3 t_{н.о}.$$

Рассмотрим условия выполнения незавершенного обгона. На рис. 11, б показаны зависимости путей завершенного и незавершенного обгонов от скорости обгоняемого автомобиля  $v_2$ . Кривая  $S_{об}$  перенесена с рис. 6, б, а кривая  $S_{н.о}$  рассчитана для тех же условий при  $D_2 = 10$  м и  $v'_1 = 5$  м/с.

Если значения расстояния  $S$  перед обгоняющим автомобилем и скорости обгоняемого автомобиля  $v_2$  находятся в зоне I, то водитель может выполнить оба вида маневра: либо закончить начатый обгон, либо прервать его и вернуться на прежнюю полосу движения. Если значения расстояния  $S$  и скорости  $v_2$  находятся в зонах II или III, то обгон начинать нельзя, так как закончить его невозможно. В том случае, когда расстояние  $S$  сравнительно велико (зона II), водитель еще может безопасно вернуться в свой ряд; при небольших значениях  $S$  (зона III) он лишен этой возможности. При малой скорости обгоняемого автомобиля (зона IV) возможны случаи, когда, наоборот, водителю, начавшему обгон, не следует тормозить, а нужно стремиться к завершению обгона.

Число аварий, причиняемых неисправными тормозными системами автомобилей, научно-исследовательскими исследованиями, неудовлетворительно, не удовлетворяет в среднем причинности

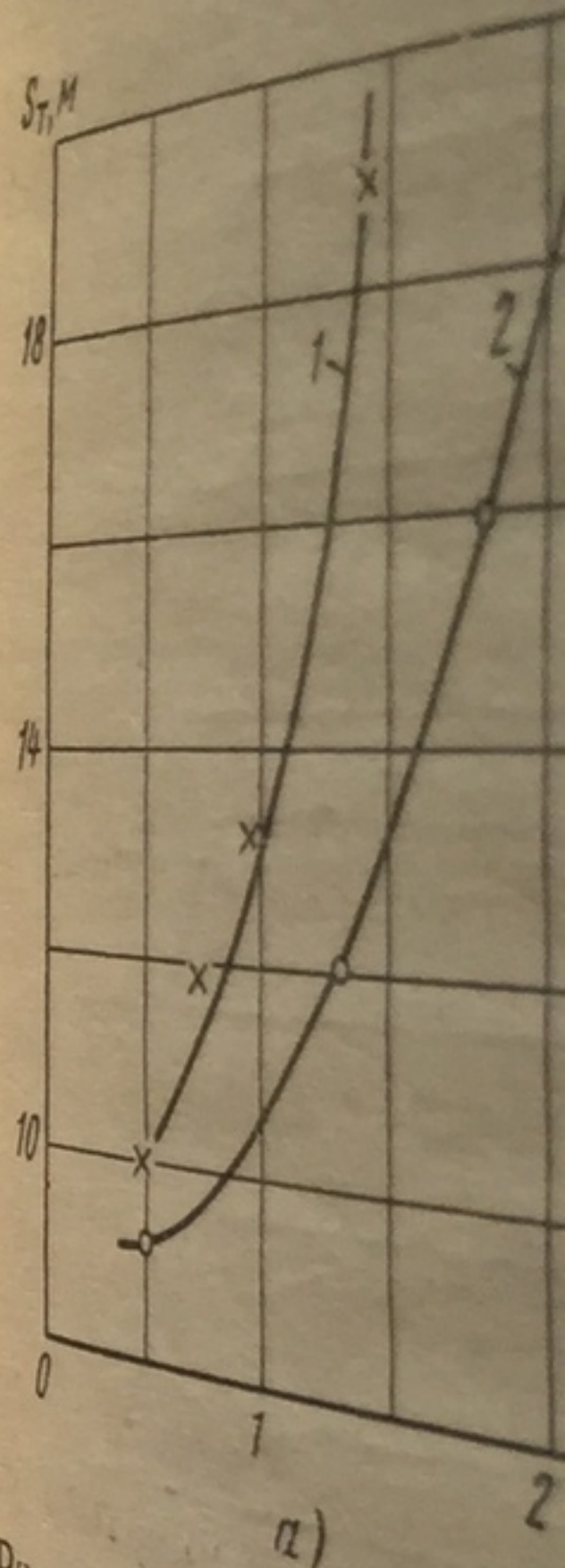


Рис. 12. Влияние зазора  $\Delta z$  на тормозной путь  $S_{т.п}$ .  
1 - автомобиль грузоподъемностью до 3,5 т, 2 - автомобиль грузоподъемностью свыше 3,5 т

технических неисправностей в США произведено 100 тысяч автомобилей.

Ухудшение тормозных характеристик, наличием зазора между барабанами, наличием недостаточным давлением в тормозных цилиндрах, а также в тормозных трубах.

На рис. 12, а показаны зависимости пути торможения  $S_{т.п}$  от скорости  $v$  для автомобилей грузоподъемностью до 3,5 т (1) и свыше 3,5 т (2). При увеличении зазора  $\Delta z$  с 0,16 до 0,25 м тормозной путь увеличивается на 20—25%.



## 6. ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ТОРМОЗНУЮ ДИНАМИЧНОСТЬ

Число аварий, причиной которых была неисправность тормозной системы автомобиля, достаточно велико. По данным Всесоюзного научно-исследовательского института безопасности дорожного движения, неудовлетворительное состояние тормозной системы является в среднем причиной более половины всех ДТП, возникших из-за

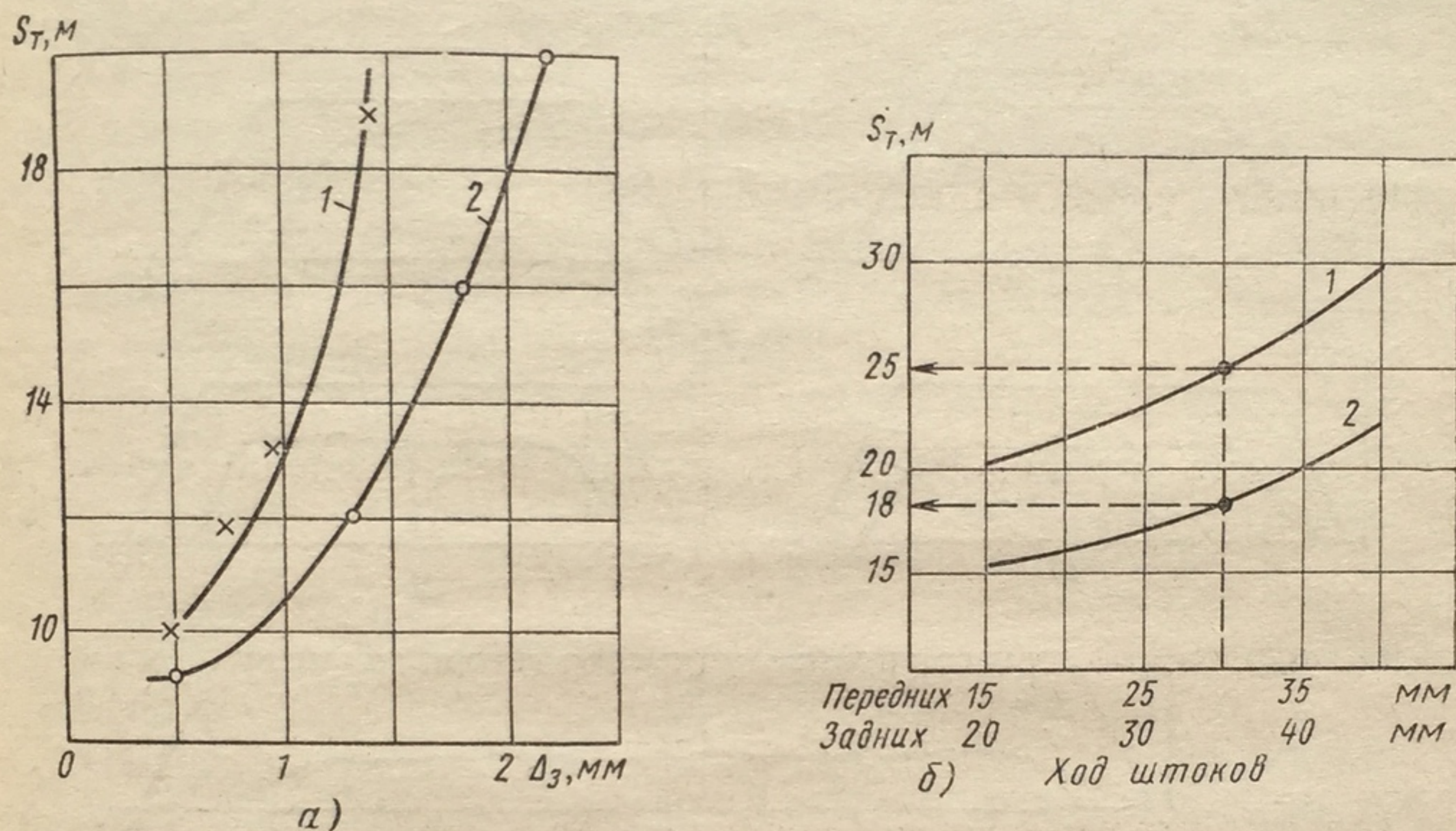


Рис. 12. Влияние зазора  $\Delta z$  между тормозными накладками и барабанами на тормозные пути  $S_T$  грузовых автомобилей:

1 — автомобиль грузоподъемностью 7 т; 2 — автомобиль грузоподъемностью 4 т

технических неисправностей. Около 15% аварий со смертельными исходами в США произошли вследствие плохого состояния тормозной системы автомобилей.

Ухудшение тормозной динамичности может быть вызвано увеличением зазора между фрикционными накладками и тормозными барабанами, наличием масла и воды на их поверхностях, нарушением регулировок, попаданием воздуха в гидравлический привод, недостаточным давлением в системе.

На рис. 12, а показаны результаты испытаний двух грузовых автомобилей грузоподъемностью 4 и 7 т при начальной скорости 8,3 м/с. При увеличении среднего зазора  $\Delta z$  между тормозными накладками и барабаном на 0,5 мм тормозной путь увеличивается примерно на 20—25%.

На автомобилях с тормозной системой, имеющей гидропривод, увеличение зазора  $\Delta z$  приводит к увеличению хода тормозной педали и времени запаздывания системы. При торможении автобуса ПАЗ-651 со скорости 8,3 м/с при зазоре  $\Delta z = 0,25$  мм время  $t_c$  составило 0,16—0,25 с, а при  $\Delta z = 0,5$  мм оно возросло до 0,4—0,45 с. Тормозной путь при этом увеличился на 25%.



У автомобилей с пневмоприводом тормозных механизмов неисправный компрессор или регулятор давления может быть причиной недостаточного давления воздуха в приводе, увеличения времени  $t_c$  и пути  $S_T$ . Так, у грузового автомобиля при начальной скорости 8,3 м/с из-за уменьшения давления в тормозных камерах с 0,5 до 0,3 МПа тормозной путь может увеличиться почти вдвое. К аналогичным результатам приводит увеличение хода штоков тормозных камер по сравнению с номинальным (рис. 12, б).

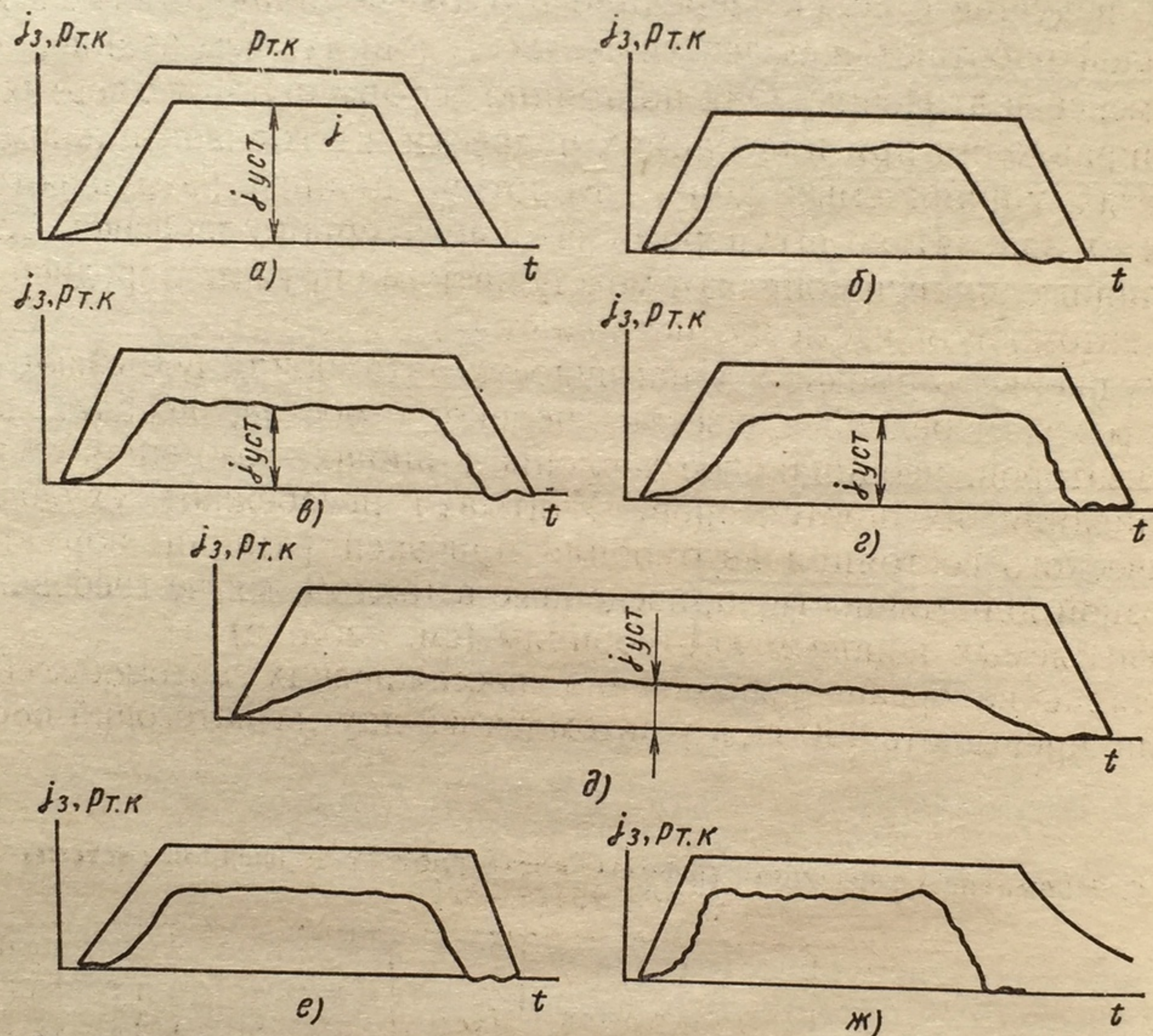


Рис. 13. Влияние технического состояния тормозной системы на замедление колеса  $j_z$  и давление в тормозных камерах  $p_{т.к.}$ :  
 а — теоретическая диаграмма; б — исправная тормозная система; в — большие зазоры в тормозных механизмах; г — неполное прилегание накладок к тормозным барабанам; д — замасленные накладки; е — малый ход у клапанов тормозного крана; ж — большой ход у клапанов тормозного крана

Замасливание фрикционных накладок может уменьшить замедление и увеличить тормозной путь в 4—5 раз. При нарушении установленного свободного хода тормозной педали и клапанов тормозного крана время  $t_c$  возрастает на 15—25%, а замедление уменьшается на 5—7%. Кроме того, при этом затрудняется управление автомобилем, так как водителю труднее ощущать начало рабочего хода тормозной педали.

На рис. 13 показаны тормозные диаграммы легкового автомобиля с различным состоянием тормозной системы. Вследствие неисправности системы установившееся замедление может уменьшиться, а время и путь торможения возрасти в несколько раз.

Некоторые дефекты тормозной динамической системы, уменьшающие тормозной путь, например, износ цилиндров, износ деталей, уменьшающий попадание масла в камеру давления — неисправности привода тормозов (шлангов, диафрагмы), ведущие к отказам, ведущие к отказам автомобилей, работающих в этом направлении при поворотах, управлении мест их заделки с ком длинными шлангами вески автомобиля и

Ухудшение тормозных характеристик, вызванное дефектами передних амортизаторов, неодинаковым износом шин, изнашиванием их протектора, техническому состоянию тормозной динамической системы, предъявляемых к ним требований. Усилие на органе управления должно превышать 4

## 9. Нормативы тормозной динамической системы

Автомобили

Пассажирские с числом мест не более 8  
 То же, с числом мест более 8  
 Грузовые

Автопоезда

Примечание. Портному средству



Некоторые дефекты не влияют непосредственно на показатели тормозной динамичности, но сказываются на работоспособности узлов и деталей, уменьшая надежность тормозной системы. Так, например, износ цилиндرو-поршневой группы компрессора способствует попаданию масла в привод, а неправильная регулировка регулятора давления — работе системы с повышенным давлением. Обе неисправности приводят к ускоренному изнашиванию резиновых элементов (шлангов, диафрагм тормозных камер), вызывая их внезапные отказы, ведущие к ДТП. Передние тормозные шланги легковых автомобилей работают в более тяжелых условиях, чем задние, и поэтому менее долговечны. Они постоянно деформируются в вертикальном направлении при колебаниях подвески и в горизонтальном при поворотах управляемых колес. Короткие шланги разрушаются в местах их заделки со штуцерами из-за чрезмерного перегиба. Слишком длинные шланги попадают между витками пружин передней подвески автомобиля и быстро истираются.

Ухудшение тормозной динамичности автомобиля вызывают также дефекты передней подвески, перекосы мостов, неисправности амортизаторов, неодинаковое давление в шинах, различная степень изнашивания их протекторов. Учитывая неизбежное ухудшение технического состояния автомобиля при эксплуатации, нормативы тормозной динамичности, приведенные в табл. 9, мягче требований, предъявляемых к новым автомобилям (см. табл. 6).

Усилие на органе управления пассажирских автомобилей не должно превышать 490 Н, а у автомобилей других категорий 686 Н.

9. Нормативы тормозной эффективности рабочей тормозной системы (ГОСТ 25478—82)

Автомобили	Полная масса, т	Тормозной путь, м	$i_{уст}$ , м/с <sup>2</sup>	$t_{с'} + t_{н}$ , с	Удельная тормозная сила	Коэффициент осевой неравномерности тормозных сил
Пассажирские с числом мест не более 8	—	16,2/14,5	5,2/6,1	0,6	0,53	0,9 1,1
То же, с числом мест более 8	До 5	21,2/17,7	4,5/5,5	1,0	0,46	0,13
	Св. 5	21,2/19,9	4,5/5,0	1,0	0,41	0,13
Грузовые	До 3,5	23,0/19,0	4,0/5,4	1,0	0,41	0,13
	3,5—12	23,0/18,4	4,0/5,7	1,0	0,41	0,13
»	Св. 12	23,0/17,7	4,0/6,1	1,0	0,41	0,13
Автопоезда	До 3,5	25,0/22,7	4,0/4,7	1,2	0,41	0,13
	3,5—12	25,0/22,1	4,0/4,9	1,2	0,41	0,13
	Св. 12	25,0/21,9	4,0/5,0	1,2	0,41	0,13

Примечание. Числа в числителе относятся к полностью нагруженному транспортному средству, а в знаменателе — к снаряженному.



## 7. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Для повышения тормозной динамичности и активной безопасности автомобиля применяют регуляторы, обеспечивающие более полное использование сцепления с дорогой каждым колесом, и противоблокировочные системы, предотвращающие юз. Для уменьшения времени  $t_c$  на автомобилях устанавливают быстродействующие тормозные приводы, а для увеличения тормозного момента — усилители и специальные тормозные механизмы. Подбирая состав резины и рисунок протектора шин, добиваются хороших сцепных свойств как в продольном, так и в поперечном направлении. Наиболее перспективно применение противоблокировочных систем, автоматически устраняющих блокировку затормаживаемых колес.

На легковых автомобилях впервые противоблокировочные системы были применены в 1954 г., а на грузовых автомобилях и прицепах — в 1959 г. С 1970 г. многие автомобильные фирмы за рубежом устанавливают противоблокировочные системы на серийный автомобиль за дополнительную плату.

Конструкции противоблокировочных систем разнообразны, однако, в любой из них используется зависимость коэффициента сцепления  $\phi_x$  от степени проскальзывания  $\lambda$  колеса, определяемой по формуле

$$\lambda = (v_k - \omega_k r) / v_k,$$

где  $v_k$  и  $\omega_k$  — соответственно линейная скорость центра и угловая скорость колеса.

При  $v_k = \omega_k r$  имеет место чистое качение колеса и  $\lambda = 0$ . При  $v_k > \omega_k r$  колесо катится с проскальзыванием (ведомый и тормозной режимы) и  $0 < \lambda < 1$ . Если  $\omega_k = 0$ , то  $\lambda = 1$ , колесо при этом движется не вращаясь, возникает юз. При  $v_k < \omega_k r$  колесо катится с пробуксовыванием (активный режим) и  $\lambda < 0$ . При уменьшении скорости  $v_k$  до нуля колесо вращается, но автомобиль остается на месте и  $\lambda$  стремится к  $-\infty$ .

Экспериментальная зависимость  $\phi = \phi(\lambda)$  показана на рис. 14, а. При отсутствии тормозного момента колесо нагружено только силами сопротивления движению (ведомый режим), касательная реакция дороги невелика. Соответственно малы касательная деформация шины,  $\phi_x$  и  $\lambda$  (участок ОА). При увеличении тормозного момента возрастает касательная реакция дороги, вызывающая увеличение деформации шины и упругого проскальзывания ее элементов. Коэффициент сцепления изменяется примерно пропорционально  $\lambda$  (участок АВ), а взаимодействие шины с дорогой определяется в основном трением покоя. Дальнейший рост  $M_{\text{тор}}$  вызывает прогрессивное увеличение числа скользящих элементов в зоне контакта до тех пор, пока коэффициент  $\phi_x$  не достигнет максимума (точка В). Максимальный коэффициент сцепления  $\phi_{x\text{max}}$  и граничная степень проскальзывания  $\lambda_{\text{гр}}$  соответствуют наиболее эффективному режиму торможения. При дальнейшем увеличении

тормозного  
поскольку  
реакция до  
вает сниже  
блокировке  
ной системы  
Коэффициент  
автомобиля п  
20—30% мен

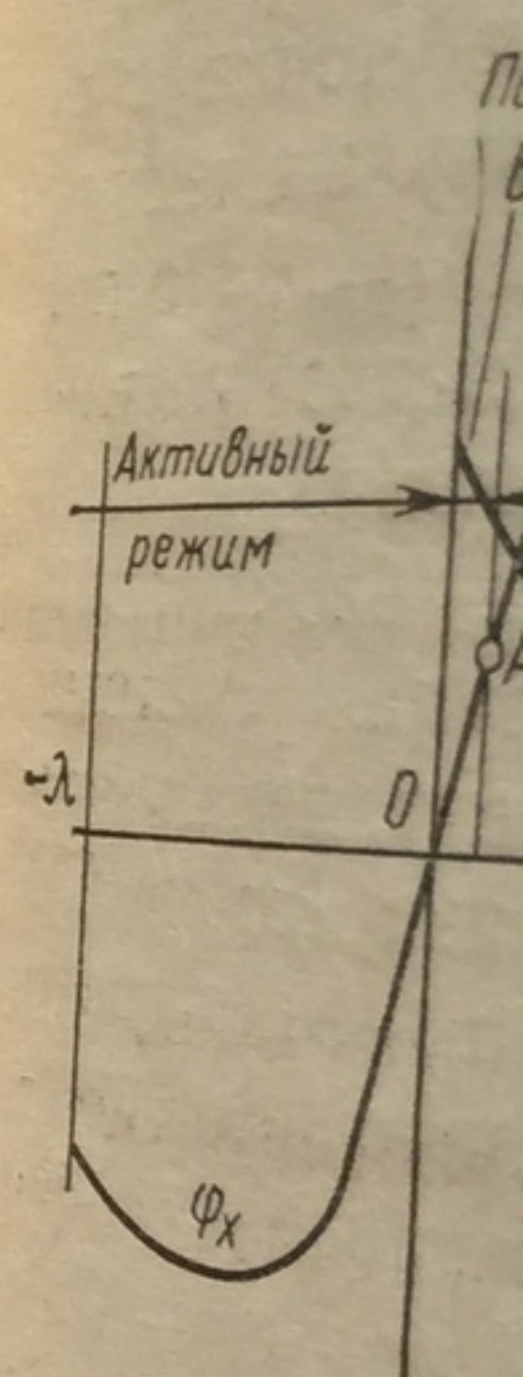


Рис. 14. П  
а — зависимость коэф  
моменты, действующи

Основным на  
создание такого р  
зывания колеса б  
максимальному з

С позиций теор  
кировочную систе  
регулирования, дат  
тормозном приводе. С  
ным приводом, торм  
зависимости от прин  
угловую скорость и  
давление в тормозно  
оценивает показани  
ными моментами, и по  
тормозные моменты на  
момента, поступающ  
замыкая систему.

Рассмотрим раб  
действий тормозног  
уменьшается, возни

где  $J_k$  и  $\epsilon_k$  — мом



тормозного момента по дороге скользит почти вся зона контакта, и, поскольку трение скольжения меньше трения покоя, касательная реакция дороги уменьшается. Уменьшение реакции дороги вызывает снижение эффективности торможения, приводя к остановке — блокировке — колеса (точка С). При отсутствии противоблокировочной системы колесо блокируется весьма быстро, менее чем за 1 с. Коэффициент сцепления  $\varphi_{ю}$  при блокировке колеса при движении автомобиля по сухому покрытию на 10—15%, а по мокрому — на 20—30% меньше  $\varphi_{хmax}$ .

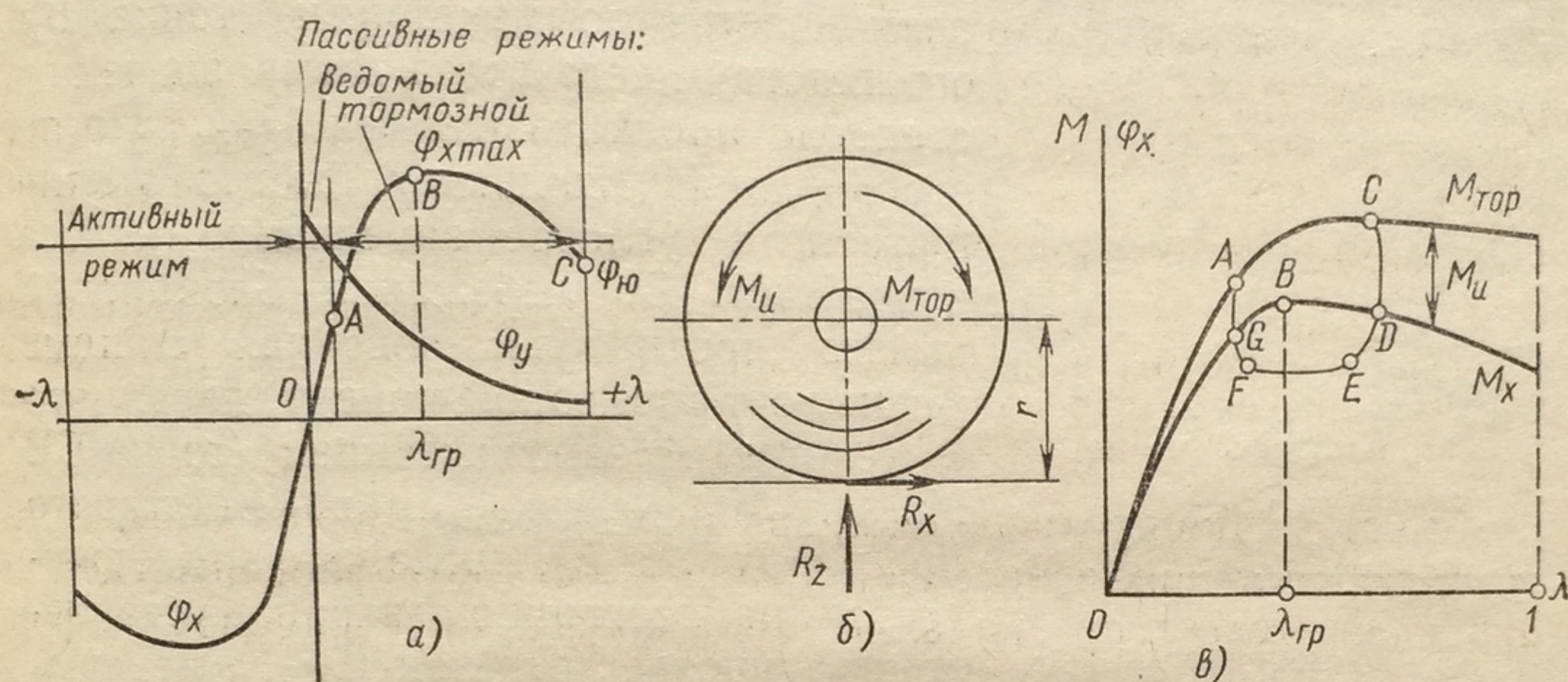


Рис. 14. Параметры работы противоблокировочной системы:

а — зависимость коэффициентов сцепления  $\varphi_x$  и  $\varphi_y$  от степени проскальзывания  $\lambda$ ; б — моменты, действующие на затормаживаемое колесо; в — изменение моментов  $M_{тор}$ ,  $M_{и}$  и  $M_x$  от степени проскальзывания  $\lambda$ .

Основным назначением противоблокировочных систем является создание такого режима торможения, при котором степень проскальзывания колеса была бы близка  $\lambda_{гр}$ , а коэффициент сцепления — максимальному значению  $\varphi_{хmax}$ .

С позиций теории автоматического регулирования любую противоблокировочную систему можно представить в виде четырех звеньев: объекта регулирования, датчиков, управляющего блока и модулятора давления в тормозном приводе. Объектом регулирования является автомобиль с тормозным приводом, тормозными механизмами, колесами и шинами. Датчики, в зависимости от принятого в данной системе закона регулирования, измеряют угловую скорость и угловое замедление колеса, замедление автомобиля, давление в тормозном приводе или другие параметры. Управляющий блок оценивает показания датчиков, формирует сигналы, управляющие тормозными моментами, и подает их на вход модулятора давления, который изменяет тормозные моменты на колесах в соответствии с этими сигналами. Тормозные моменты, поступая на вход звена «Автомобиль», изменяют его движение, замыкая систему.

Рассмотрим работу противоблокировочного устройства. При воздействии тормозного момента  $M_{тор}$  на колесо его угловая скорость уменьшается, возникает инерционный момент

$$M_{и} = J_K \epsilon_K,$$

где  $J_K$  и  $\epsilon_K$  — момент инерции и угловое замедление колеса.



Пренебрегая сопротивлениями качению и воздуха, найдем момент  $M_x$  касательной реакции  $R_x$  дороги (рис. 14, б).

$$M_x = R_x r = R_z r \varphi_x = M_{\text{тор}} - J_K \varepsilon_K.$$

Если приближенно считать  $R_z$  и  $r$  постоянными, то момент  $M_x$  будет прямо пропорционален  $\varphi_x$ . Это дает возможность показать графически связь между моментами  $M_{\text{тор}}$ ,  $M_x$  и  $M_{\text{и}}$  (рис. 14, в). При увеличении момента  $M_{\text{тор}}$  от нуля возрастают проскальзывание колеса и момент  $M_x$ . При этом  $M_x$  всегда меньше  $M_{\text{тор}}$  на величину  $J_K \varepsilon_K$ . Момент  $M_x$  увеличивается до максимума (точка В), соответствующего граничному значению степени проскальзывания  $\lambda_{\text{гр}}$ . После этого  $\varphi_x$  и  $M_x$  начинают быстро уменьшаться, а угловое замедление колеса возрастает. Во избежание блокировки колеса противоблокировочная система уменьшает тормозной момент, делая это с некоторым запаздыванием (точка С). Момент  $M_{\text{тор}}$  снижается до некоторого предела (точка Е), после чего поддерживается на постоянном, заранее установленном уровне (отрезок ЕF). Уменьшение  $M_{\text{тор}}$  вызывает понижение углового замедления, которое в точке D падает до нуля (колесо вращается равномерно), затем становится отрицательным, что означает разгон колеса. В точке F тормозной момент начинает увеличиваться, а угловое ускорение колеса уменьшается, и в точке G колесо снова вращается равномерно. Затем тормозной момент возрастает до точки А, после чего цикл работы противоблокировочной системы повторяется. Таким образом, тормозной момент при работе этой системы изменяется по контуру ACDEFGA, в результате чего реализуются значения  $\lambda$ , близкие  $\lambda_{\text{гр}}$ , и значения  $\varphi_x$ , близкие  $\varphi_{x\text{max}}$ . Естественно, каждый цикл начинается при меньшей скорости затормаживаемого колеса. В современных противоблокировочных системах колебания  $\lambda$  относительно  $\lambda_{\text{гр}}$  равны 0,05—0,1, а коэффициент сцепления выдерживается максимальным с точностью до 1%.

Изменение параметров движения затормаживаемого колеса показано на рис. 15. Если коэффициент сцепления постоянен, то замедление колеса также постоянно и скорость  $v_K$  изменяется по линейному закону. При отсутствии противоблокировочной системы угловая скорость  $\omega_K$  также изменяется по прямой. При работе системы колесо то замедляет вращение, то разгоняется. Это вызывает периодические колебания  $\omega_K$  относительно оптимальных значений (штриховая кривая). Частота колебаний в современных системах составляет 2—10 Гц.

Практически применение описанного алгоритма регулирования «по угловому замедлению» затруднительно, так как необходимо точ-

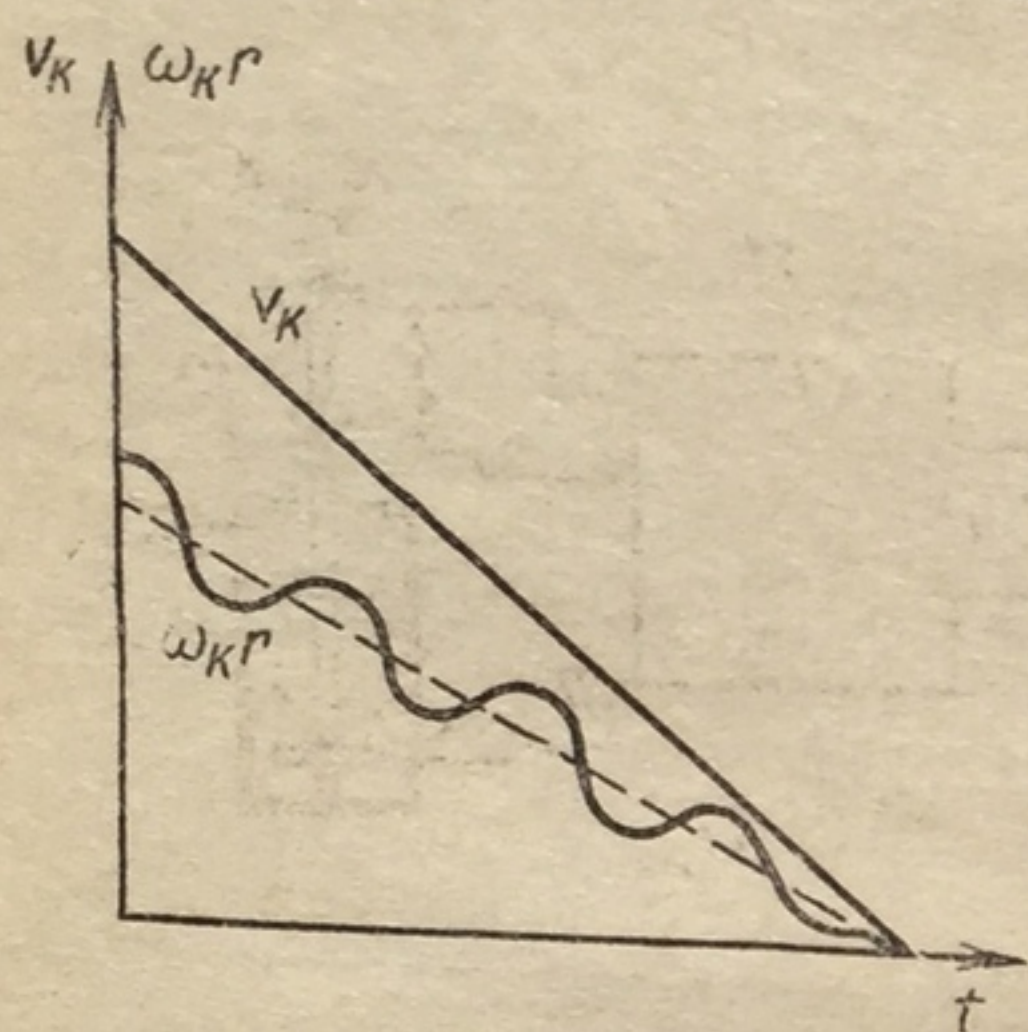
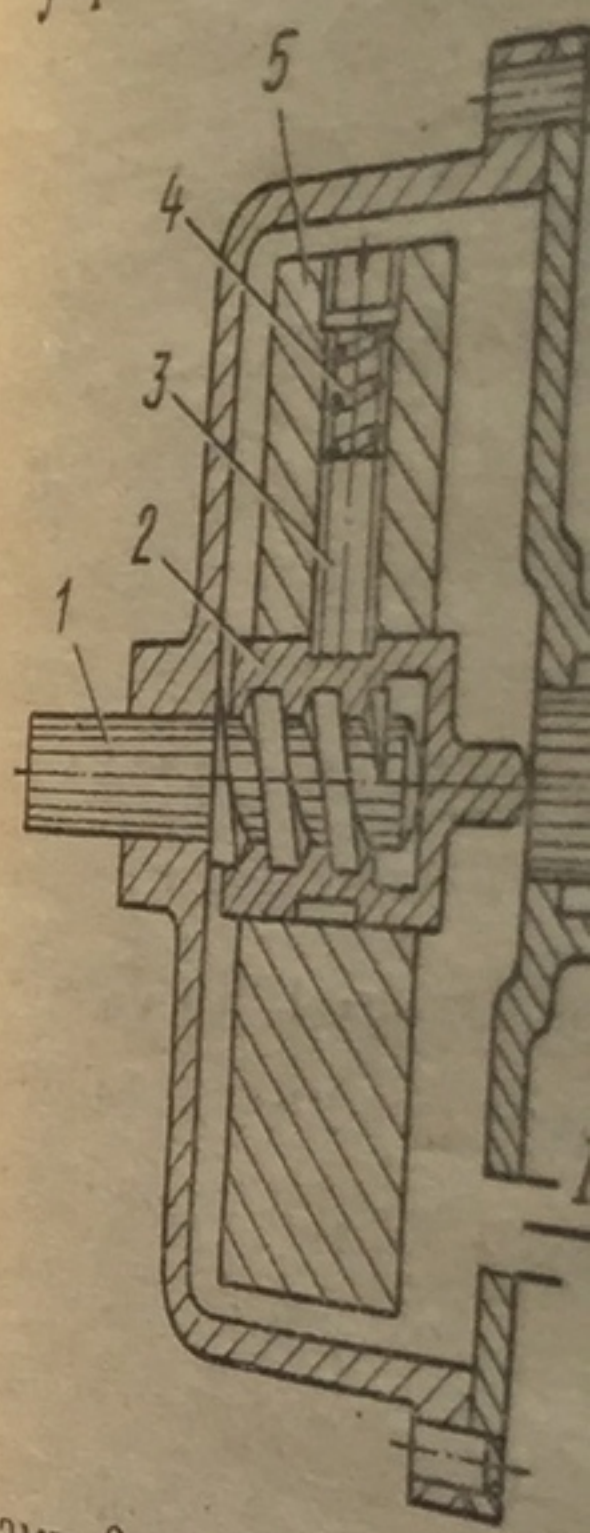


Рис. 15. Изменение параметров движения затормаживаемого колеса



ками 3 и пружинами угловое замедление датчик, перемещаясь в канале II, преодолевает силу пружины и вращается в атмосфере. В результате вращения вала 1 и маховика выдает импульсы в камеру, вследствие чего электронный датчик генератор, состоящий из катушки индуктивности и неподвижного магнита, вращающегося с валом колеса, управляет работой электромагнитного клапана, осуществляющего подачу тормозной жидкости. Электронные алгоритмы



но определять величину  $\epsilon_k$ . Чаще в качестве регулирующего параметра используют степень проскальзывания  $\lambda$ , хотя при торможении всех колес трудно определить скорость автомобиля. Обычно ее считают равной среднему арифметическому скорости всех колес автомобиля.

В противоблокировочной системе применяются механические и электронные датчики. На рис. 16, а показан механический датчик с модулятором давления в виде золотника. Датчик имеет вал 1, связанный с колесом автомобиля, винтовую муфту 2 и маховик 5, укрепленный на муфте с небольшим трением, создаваемым башма-

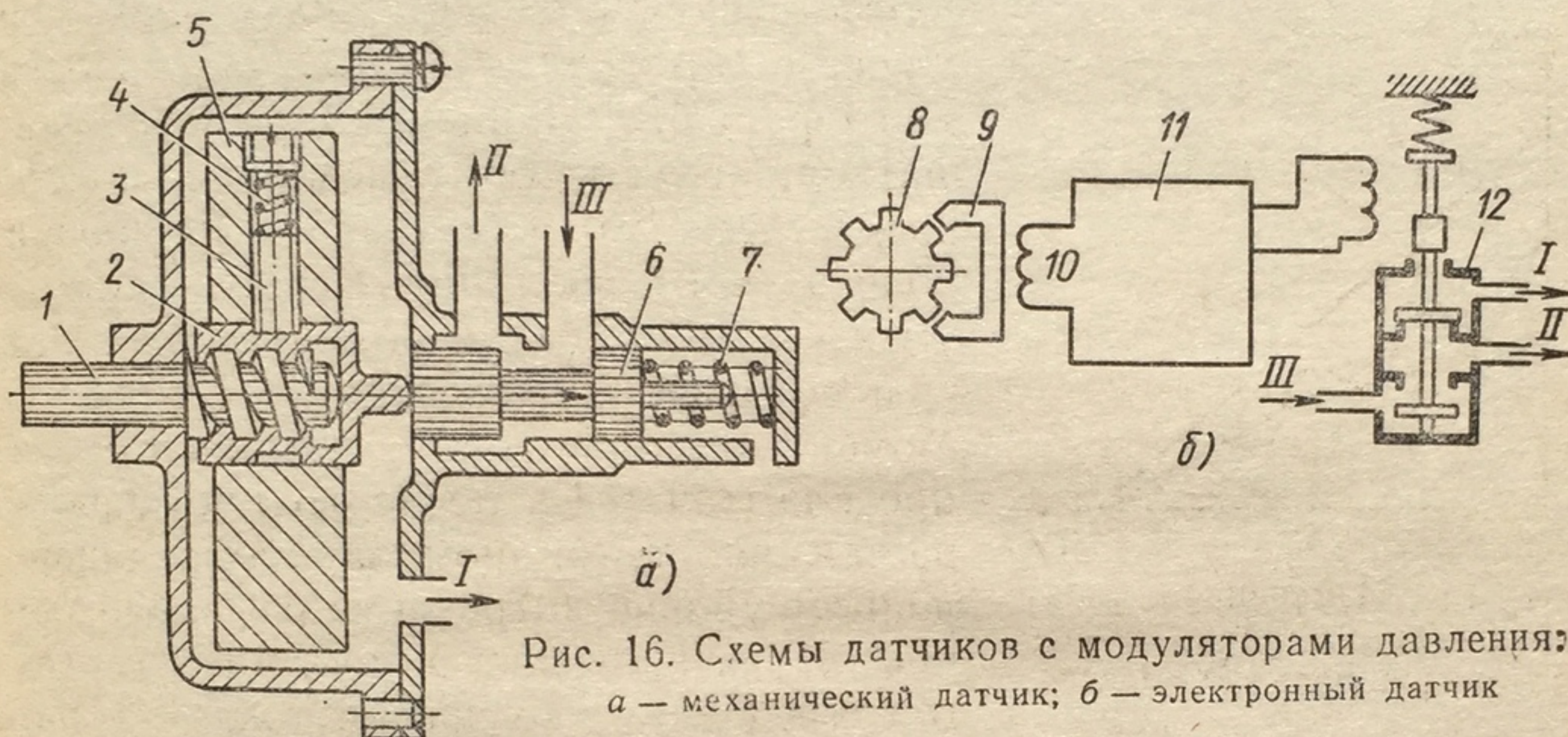


Рис. 16. Схемы датчиков с модуляторами давления:  
а — механический датчик; б — электронный датчик

ками 3 и пружинами 4. Когда угловая скорость колеса падает и его угловое замедление достигает заданного порогового значения, маховик, перемещаясь вместе с муфтой 2 по винтовой нарезке вправо, преодолевает силу пружины 7 и сдвигает золотник 6. Золотник открывает канал II, соединенный тормозной камерой с отверстием I, ведущим в атмосферу. Тормозной момент сначала уменьшается, а затем возрастает, маховик же стремится вращаться с прежней скоростью. В результате трения башмака о муфту золотник 6 удерживается в прежнем положении. После того как угловые скорости вала 1 и маховика выровняются, пружина 7 перемещает золотник и муфту влево, соединяя канал III от тормозного крана с тормозной камерой, вследствие чего увеличивается тормозной момент.

Электронный датчик показан на рис. 16, б. Он имеет импульсный генератор, состоящий из зубчатого ротора 8, связанного с колесом автомобиля, и неподвижного магнита 9 с обмоткой возбуждения 10. При вращении ротора в обмотке индуцируется ток, частота и амплитуда которого пропорциональны  $\omega_k$ . Сигналы от генератора поступают к управляющему блоку 11, выполненному в виде аналогового или цифрового счетно-решающего устройства. Блок управляет электромагнитным клапаном 12. Иногда применяют несколько клапанов, осуществляющих ступенчатое изменение давления.

Электронные противоблокировочные системы имеют весьма разнообразные алгоритмы функционирования, но все их можно разде-







чки устанавливаются на всех колесах, но один из мостов — задний (рис. 17, б) или передний (рис. 17, в), оборудуют одним модулятором, общим для обоих колес. Другой мост автомобиля имеет, как и в первой схеме, два модулятора. При установке общего модулятора тормозные механизмы этого моста развивают одинаковые моменты на дороге с разными коэффициентами  $\varphi_x$  правых и левых колес и поворачивающего момента не возникает.

Возможно также применение двух модуляторов — по одному на каждый мост (рис. 17, г). Схема получается простой, надежной и обеспечивает вместе с тем достаточную устойчивость и эффективность торможения автомобиля. В наиболее простых вариантах системы ограничиваются установкой модулятора лишь на задний мост. При этом могут использоваться два колесных датчика (рис. 17, д) или один общий датчик (рис. 17, е), устанавливаемый на валу ведущей конической шестерни. В этих двух вариантах возможна блокировка передних колес, что, однако, не ухудшает курсовой устойчивости автомобиля. Две последние схемы весьма просты и дешевы. Преимущество последнего варианта противоблокировочной системы заключается в том, что она легко может быть установлена на автомобилях действующего парка без существенной их переделки.

В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал, подтверждающий существенное повышение активной безопасности автомобиля при применении противоблокировочной системы. В табл. 10 приведены результаты испытания легковых автомобилей с подобной системой, действующей на все колеса.

При движении автомобиля, оборудованного противоблокировочной системой, по дороге с сухим покрытием тормозной путь в среднем уменьшается на 10—15%, а по дороге с мокрым покрытием — на 25—35%. Одновременно повышается курсовая устойчивость авто-

10. Показатели тормозной динамичности автомобилей

Дорога	Начальная скорость торможения, м/с	Тормозной путь, м		Повышение эффективности, %
		с ПБС	без ПБС	
Асфальтобетонная:	13,9			
сухая		10,6	13,1	19,1
мокрая		18,7	24,7	21,1
Брусчатка:				
сухая		11,6	13,2	12,1
мокрая	27,7	19,1	23,4	18,8
Укатанный снег		30,9	36,8	16,1
Асфальтобетон:				
сухой		41,1	50,0	17,8
мокрый		62,5	100,0	37,5
Брусчатка:				
сухая		45,5	59,0	22,9
мокрая		61,5	90,0	31,7

Примечание ПБС — противоблокировочная система.



мобиля. Поперечное отклонение заторможенного автомобиля от прежнего направления движения при наличии противоблокировочной системы уменьшается почти вдвое.

Основным препятствием, мешающим массовому применению противоблокировочных систем, является их высокая стои-

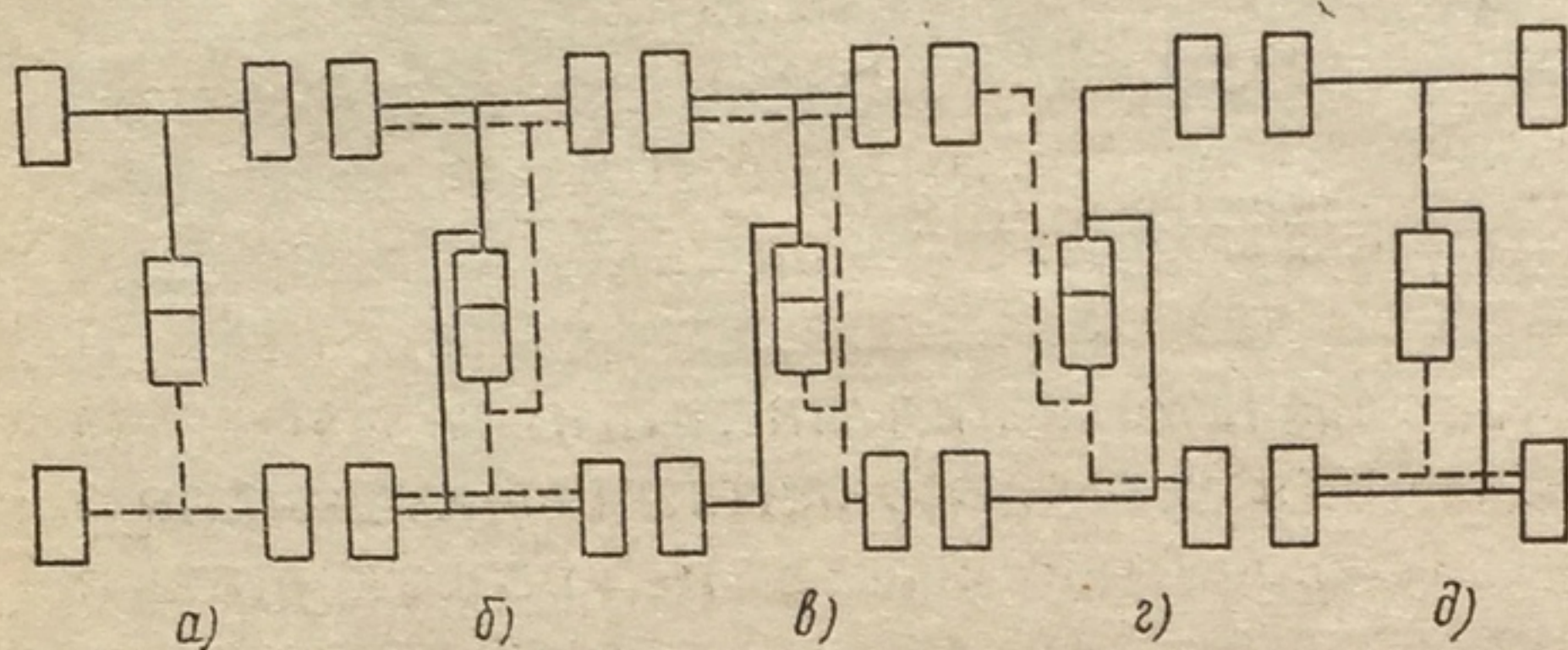
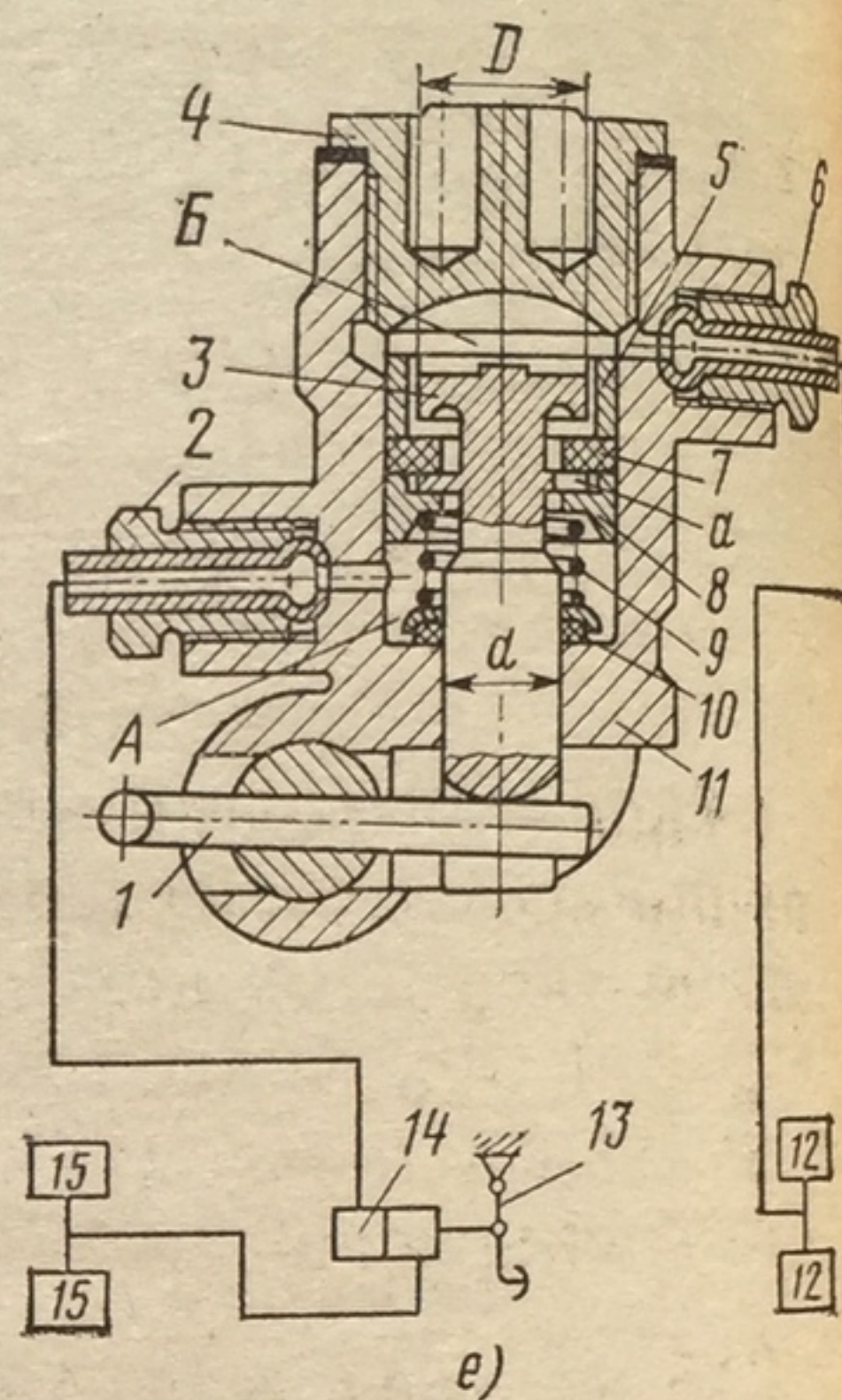


Рис. 18. Способы повышения тормозной эффективности автомобиля:

а — д — схемы двухконтурных тормозных приводов;  
е — регулятор ВАЗ



мость. Стоимость системы управляющей всеми колесами легкового автомобиля, по американским данным, составляет примерно 400 долларов, по английским — 50—200 фунтов стерлингов.

Надежность работы тормозной системы значительно повышается при использовании отдельного — двухконтурного — привода. У автомобиля с обычным (одноконтурным) тормозным приводом утечка жидкости через неплотности в соединениях или вследствие разрыва резинового шланга вызывает отказ всех тормозных механизмов автомобиля. При раздельном приводе главный тормозной цилиндр имеет два поршня, каждый из которых создает давление в отдельном контуре. Чаще всего один контур приводит в действие тормозные механизмы переднего моста, а другой — тормозные механизмы заднего моста (рис. 18, а). Автомобиль, у которого каждый контур связан со всеми четырьмя колесами (рис. 18, б), наиболее безопасный, но и самый дорогой. В более дешевой так называемой шведской схеме (рис. 18, в) каждый контур обслуживает оба передних тормозных механизма и один задний. При этом обеспечивается хорошая эффективность каждого контура, но на скользкой дороге автомобиль может потерять устойчивость. Еще дешевле, но и опаснее диагональная схема (рис. 18, г). Иногда применяют схему, в которой задние тормозные механизмы имеют по два рабочих цилиндра. Тогда один контур воздействует на цилиндры передних тормозных механизмов и на один из двух цилиндров каждого из задних тормозных механизмов (рис. 18, д), а второй приводит в действие другие цилиндры задних тормозных механизмов.



Для облегчения труда водителя и повышения эффективности тормозной системы применяют усилители тормозного привода: вакуумные или гидровакуумные.

Вакуумные усилители, устанавливаемые между тормозной педалью и главным тормозным цилиндром, имеют две полости, разделенные диафрагмой. При нажатии на тормозную педаль одна полость соединяется с атмосферой, а другая — с впускным трубопроводом двигателя. Вследствие различного давления по обе стороны от диафрагмы увеличивается усилие на штоке главного тормозного цилиндра, соединенном с диафрагмой.

Гидровакуумный усилитель устанавливают между главным тормозным цилиндром и тормозной магистралью. Поэтому при двухконтурном приводе требуется два усилителя. Чтобы этого избежать, применяют разделитель, автоматически отключающий неисправный контур от исправного. Такая система получается достаточно простой и надежной, хотя сохраняется опасность выхода из строя всех тормозных механизмов при нарушении герметичности трубопроводов между главным цилиндром и разделителем.

При работе с усилителем тормозного привода резко увеличиваются силы в тормозной системе и возрастает температура фрикционных поверхностей, что приводит к падению коэффициента трения, увеличению деформации тормозных барабанов и, как следствие, к уменьшению тормозного момента. Кроме того, усилитель, действующий на все колеса, может вызвать разгрузку задних колес, а при особенно резком торможении — их блокировку. Поэтому чаще применяют автоматические клапаны-регуляторы, снижающие давление в тормозном приводе задних колес при уменьшении вертикальной нагрузки.

В качестве примера рассмотрим регулятор автомобилей ВАЗ (рис. 18, е). При нажатии на тормозную педаль 13 жидкость из главного тормозного цилиндра 14 поступает непосредственно к цилиндрам 15 передних тормозных механизмов, а к цилиндрам 12 задних тормозных механизмов — через регулятор. Через штуцер 2, ввернутый в корпус 11 регулятора, жидкость подается в полость А, а затем через отверстия а в заплечике поршня 3 и зазор между втулкой 5 и головкой поршня через штуцер 6 к тормозным цилиндрам 12. Пружина 9, надетая на шток поршня, одним концом упирается в уплотнительное кольцо 10, а другим — в тарелку 8. Сверху корпус регулятора закрыт пробкой 4.

Силы давления жидкости, действующие на поршень с двух его сторон, неодинаковы: сверху давление воспринимается всей головкой, площадь которой пропорциональна  $D^2$ , а снизу — частью головки, площадь которой пропорциональна  $D^2 - d^2$ . Под действием разности этих сил поршень стремится сдвинуться вниз, чему препятствует упругий торсион 1, в который упирается нижний конец поршня. При опускании поршня уменьшается зазор между его головкой и резиновым уплотнителем 7. Когда головка поршня прижимается к уплотнителю, она разобщает полости А и Б, вследствие



этого давление в полости А нарастает быстрее, чем в полости Б. Соответственно тормозные моменты на передних колесах будут нарастать интенсивнее, чем на задних.

Торсион 1 связан с задним мостом автомобиля. При разгрузке заднего моста в процессе торможения уменьшается сила нажатия торсиона на шток поршня и полости А и Б разобщаются при меньшем давлении жидкости. Поэтому сила, развиваемая задними тормозными цилиндрами, будет меньше силы передних цилиндров. В результате этого уменьшается вероятность блокировки задних колес и увеличивается устойчивость автомобиля при торможении. Аналогичный принцип действия у регулятора автомобилей КамАЗ, изменяющего давление воздуха в тормозных камерах задней тележки в зависимости от приходящейся на нее вертикальной нагрузки.

## § 7. УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

### 1. ИЗМЕРИТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ

Устойчивость автомобиля непосредственно связана с безопасностью дорожного движения. Управляя неустойчивым автомобилем, водитель вынужден внимательно следить за дорожной обстановкой

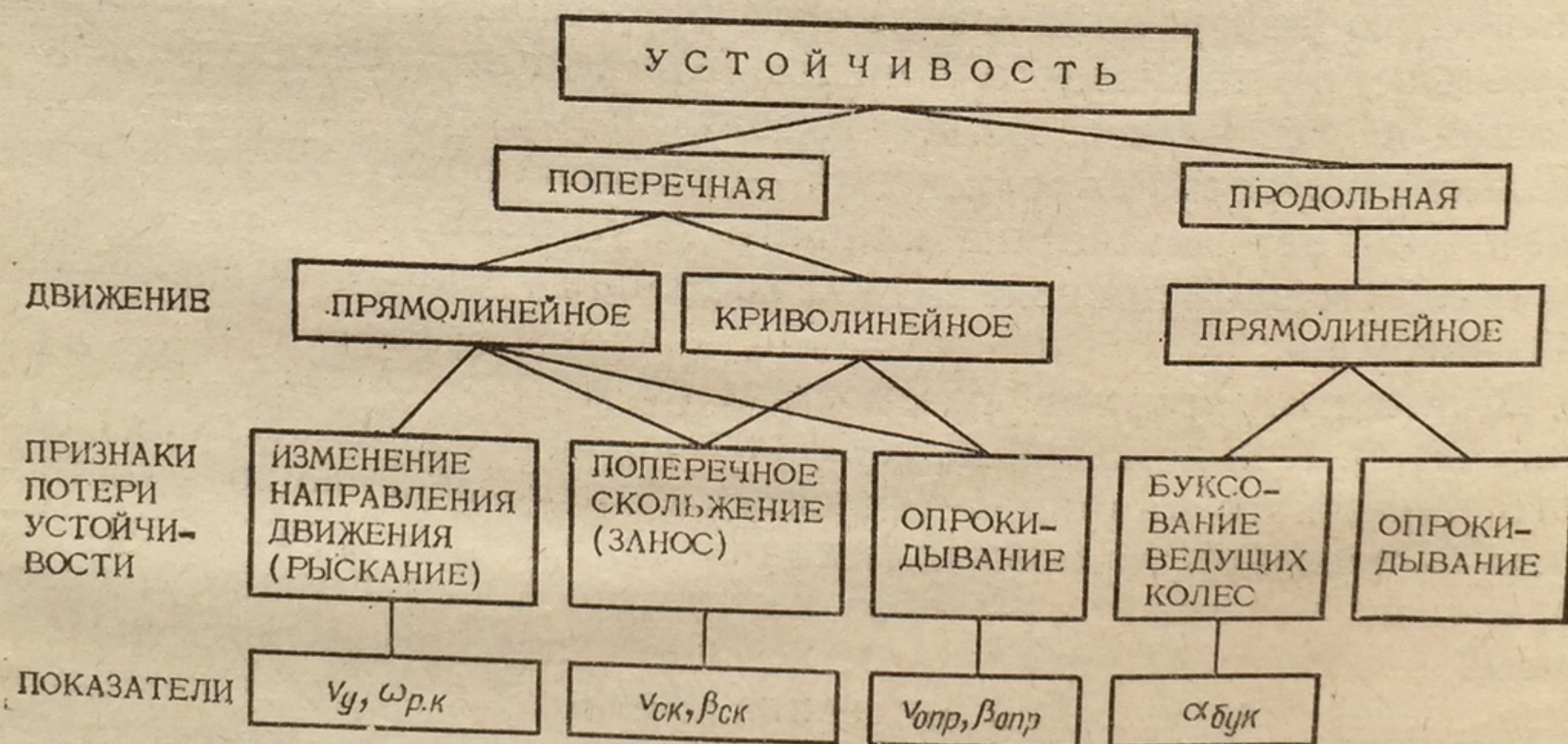


Рис. 19. Классификация устойчивости автомобиля

и постоянно корректировать движение автомобиля, чтобы он не выехал за пределы дороги. Длительное управление таким автомобилем приводит к нервному перенапряжению водителя и быстрому его утомлению, что повышает возможность ДТП. Нарушение устойчивости автомобиля выражается в произвольном изменении направления движения, его опрокидывании или скольжении шин по дороге. Различают продольную и поперечную устойчивость автомобиля (рис. 19). Более вероятна и опасна потеря поперечной устойчивости.



Траектория движения автомобиля всегда является криволинейной, причем кривизна ее непрерывно меняется. Поэтому прямолинейное движение автомобиля — понятие условное, подразумевающее, что при неизменном направлении движения смещения его не превосходят некоторых пределов.

*Курсовой устойчивостью* автомобиля называют его свойство двигаться без корректирующих воздействий со стороны водителя, т. е. при неизменном положении рулевого колеса. Автомобиль с плохой курсовой устойчивостью произвольно меняет направление движения («рыскает» по дороге), создавая угрозу другим транспортным средствам и пешеходам.

Показателями курсовой устойчивости служат средняя скорость поперечного смещения  $v_{у.ср}$  и средняя угловая скорость поворота рулевого колеса  $\dot{\theta}_{р.к.}$ .

Потеря поперечной устойчивости при криволинейном движении может привести к прогрессивно нарастающему поперечному скольжению шин по дороге (заносу) или опрокидыванию автомобиля. «Рыскание» автомобиля на криволинейных участках дороги обычно не наблюдается, поскольку скорости при этом относительно невелики.

Показателями поперечной устойчивости автомобиля при криволинейном движении являются максимально возможные скорости движения по дуге окружности и угол поперечного уклона дороги (косогора). Оба показателя могут быть определены из условий заноса или опрокидывания автомобиля.

Потеря автомобилем продольной устойчивости выражается, как правило, в буксовании ведущих колес, особенно часто наблюдаемом при преодолении автопоездом затяжных подъемов со скользкой поверхностью. Опрокидывание автомобиля в продольной плоскости возможно лишь как исключение. Показателями продольной устойчивости автомобиля служат максимальные величины углов подъема, преодолеваемого транспортным средством без буксования ведущих колес.

## 2. КУРСОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Нарушение курсовой устойчивости при прямолинейном движении автомобиля происходит под действием возмущающих сил: поперечной составляющей веса, бокового ветра, ударов колес о неровности дороги, а также различных по величине продольных сил (тяговой, тормозной), приложенных к колесам правой и левой сторон автомобиля. При криволинейном движении автомобиля к этим силам добавляется центробежная сила. Потеря устойчивости автомобилем может быть вызвана также неправильными приемами управления (интенсивным торможением и разгоном, резким поворотом рулевого колеса) или техническими неисправностями (неправильная регулировка тормозных механизмов, заклинивание рулевого управления, прокол или разрыв шины).



Часто предпосылкой потери устойчивости является скорость автомобиля, не соответствующая дорожным условиям. Если автомобиль движется с излишне высокой скоростью, то тяговая сила  $P_T$  приближается по величине к силе сцепления  $P_{сц}$  ведущих колес с дорогой, вследствие чего возможно их пробуксовывание.

Условие отсутствия буксования

$$P_T \leq P_{сц}. \quad (56)$$

В случае ускоренного движения автомобиля на подъеме сила тяги

$$P_T = G \left( f \cos \alpha_d + \sin \alpha_d + \frac{\delta_{вр}}{g} j \right) + W_v v^2.$$

Сила сцепления ведущих (задних) колес с дорогой при отсутствии боковых сил

$$P_{сц} = \frac{\Phi_x}{L - (\Phi_x + f) h_{ц}} \{ G \cos \alpha_d [a - f(h_{ц} - r)] - \} \frac{J_{к1} j h_{ц}}{r^2}, \quad (57)$$

где  $J_{к1}$  — момент инерции передних колес.

Приняв для простоты  $\cos \alpha_d \approx 1$  и пренебрегая в выражении (57) членами, содержащими  $f$  и  $J_{к1}$ , ввиду их относительно малой величины, получаем

$$P_T = G \left( f + \sin \alpha_d + \frac{\delta_{вр} j}{g} \right) + W_v v^2;$$

$$P_{сц} = G a \Phi_x / (L - \Phi_x h_{ц}).$$

Решая эти уравнения с учетом неравенства (56), получаем выражение для скорости, максимально допустимой при прямолинейном движении автомобиля, без пробуксовки ведущих колес

$$v_{бук} = \sqrt{\frac{G}{W_v} \left( \frac{a \Phi_x}{L - \Phi_x h_{ц}} - f - \sin \alpha_d - \frac{\delta_{вр}}{g} j \right)}.$$

Скорость  $v_{бук}$  уменьшается при уменьшении коэффициента сцепления, росте сопротивления дороги, а также при увеличении ускорения. Поэтому потеря курсовой устойчивости автомобилем наиболее вероятна на участках дороги со скользким неровным покрытием (укатанный снег, обледенелый асфальтобетон, булыжник) и подъемами. Часто водители, видя впереди подъем и не желая терять скорости, увеличивают подачу топлива и преодолевают подъем «с ходу». Если при этом на пути встретится участок, покрытый снежной или ледяной коркой, то значения сил  $P_T$  и  $P_{сц}$  могут стать примерно одинаковыми, тогда даже небольшая поперечная сила может вызвать боковое скольжение заднего моста.

Движение автомобиля со скоростью, близкой к  $v_{бук}$ , является лишь одной из предпосылок заноса. Теоретически автомобиль может двигаться с этой скоростью неограниченно долго без потери поперечной устойчивости. Однако в реальных условиях всегда имеются возмущающие силы и моменты, стремящиеся изменить направление дви-

жения автомобиля. При движении по неровной дороге, но в случае большой курсовой устойчивости, автомобиль по неровной дороге не допустимой, наезд колес на возвышенности вертикальных, таким образом, колеса от дороги. Таким образом, не может сама по себе вызвать опасность, однако она усиливает влияние. Вместе с тем водители, изменяя положение, усиливают опасность. Частые буксование колес, неправильных или несвоевременных. Основным методом определения является эксперимент. Согласно отраслевой нормативной нагрузкой. Автомобиль (песком). Центр тяжести балки автомобилей на высоте — посередине высоты колес, свободный ход рулевого в пределах нормы, износ 30% высоты рисунка. Испытания проводят квалификацию управления данной строго прямолинейным с шириной поперечный уклон дороги 0,01. Остальные параметры учитываются испытания автомобилей.

11. Параметры

Тип покрытия	Асфальто- или цементобетонное	Булыжник	Самоеменное
Асфальто- или цементобетонное	0,01	0,01	0,01
Булыжник	0,01	0,01	0,01
Самоеменное	0,01	0,01	0,01

В числителе указана скорость движения автомобилей и автобусов.

Иногда вместо первого значения дорожной неровности до 7 м



жения автомобиля. При малых скоростях влияние этих возмущений невелико, но в случае большой скорости они могут привести к нарушению курсовой устойчивости и заносу автомобиля. При движении автомобиля по неровной дороге со скоростью, близкой к максимально допустимой, наезд колеса на впадину или выступ приводит к изменению вертикальных реакций, а в некоторых случаях и к отрыву колеса от дороги. Таким образом, хотя большая скорость автомобиля не может сама по себе вызвать нарушение курсовой устойчивости, однако она усиливает влияние неблагоприятных факторов, увеличивая вероятность опасных последствий.

Вместе с тем водитель обычно имеет возможность уменьшить силу тяги, изменив положение дроссельной заслонки. Поэтому начавшееся буксование колес приводит к аварии только в результате неправильных или несвоевременных действий водителя.

Основным методом определения курсовой устойчивости автомобиля является эксперимент.

Согласно отраслевой нормали новые автомобили испытывают с полной нагрузкой. Автомобили загружают балластом (мешками с песком). Центр тяжести балласта должен находиться у пассажирских автомобилей на высоте 0,85 м от пола салона, а у грузовых — посередине высоты бортов. Углы установки управляемых колес, свободный ход рулевого колеса и давление в шинах должны быть в пределах нормы; износ протекторов не должен превышать 30% высоты рисунка.

Испытания проводит квалифицированный водитель, имеющий навыки управления данной моделью. Участок дороги должен быть строго прямолинейным с шириной проезжей части не менее 3,5 м. Поперечный уклон дороги не должен превышать 0,02, продольный 0,01. Остальные параметры приведены в табл. 11. Нормаль предусматривает испытания автомобиля на участках с четырьмя видами покрытий.

11. Параметры испытательных участков

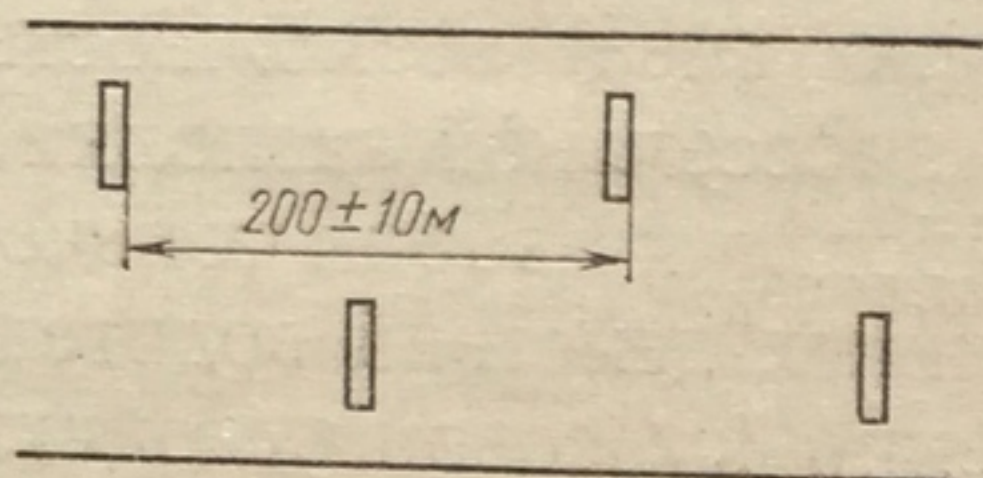
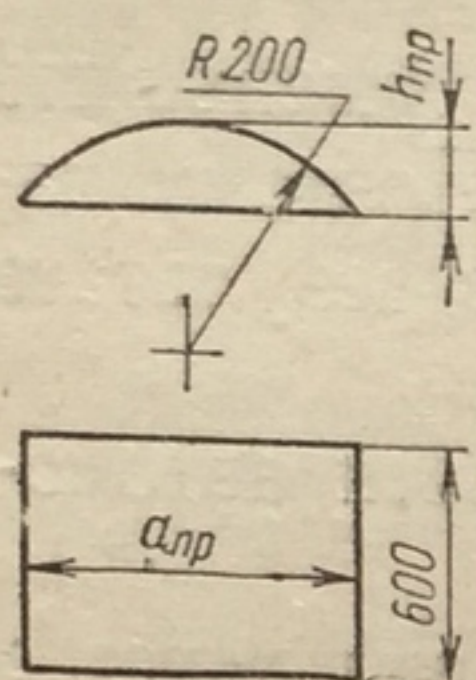
Тип покрытия	Состояние	Среднее квадратичное высоты неровности, мм	Длина участка, м	Допустимая скорость, м/с
Асфальто- или цементобетонное	Сухое	7—12	800	—
Асфальтобетонное	Мокрое	До 12	600	—
Булыжник	Сухое	До 20	800	19,4/16,7*
Заснеженное	Укатанное	—	800	19,4/16,7*

\* В числителе указана скорость легковых автомобилей, в знаменателе — грузовых автомобилей и автобусов.

Иногда вместо первого из указанных в таблице участков используют дорогу с особо ровным покрытием (среднее квадратичное высоты неровности до 7 мм) с искусственными препятствиями. Форма пре-



Автомобили испытывают при двух скоростях  $v_1$  и  $v_2$ . При испытании на покрытии первого типа для легковых автомобилей  $v_1 = v_{\max} - 2,78$  м/с;  $v_2 = v_{\max} - 8,3$  м/с; для грузовых автомобилей и автобусов  $v_1 = v_{\max} - 1,4$  м/с;  $v_2 = v_{\max} - 4,2$  м/с, но не менее 13,9 м/с ( $v_{\max}$  — максимальная скорость самого тихоходного автомобиля, участвующего в испытаниях).



12. Размеры препятствий, м

Автомобили	$a_{\text{пр}}$	$h_{\text{пр}}$
Пассажирские с числом мест не более 8	0,23	0,4
То же, с числом мест более 8 и грузовые	0,28	0,6

При движении автомобиля по участкам с остальными покрытиями  $v_1$  равна скорости, предельной по условиям безопасности движения автомобиля с худшей управляемостью, а  $v_2$  составляет  $(0,75 - 0,8) v_1$ .

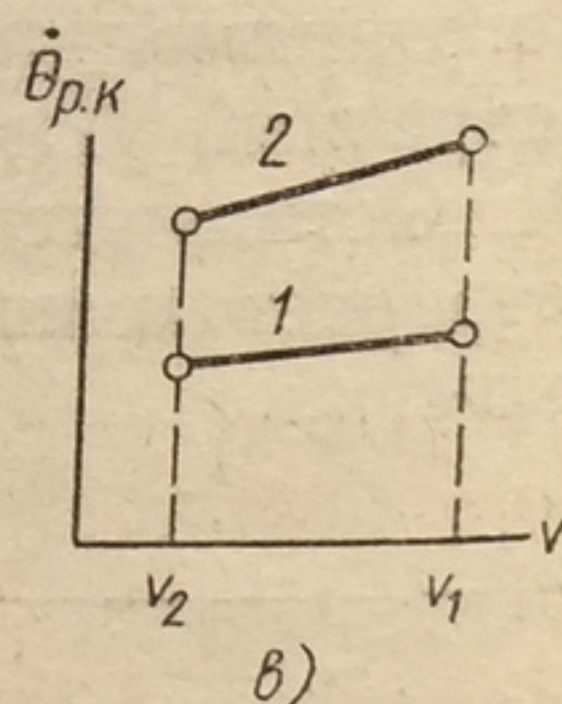
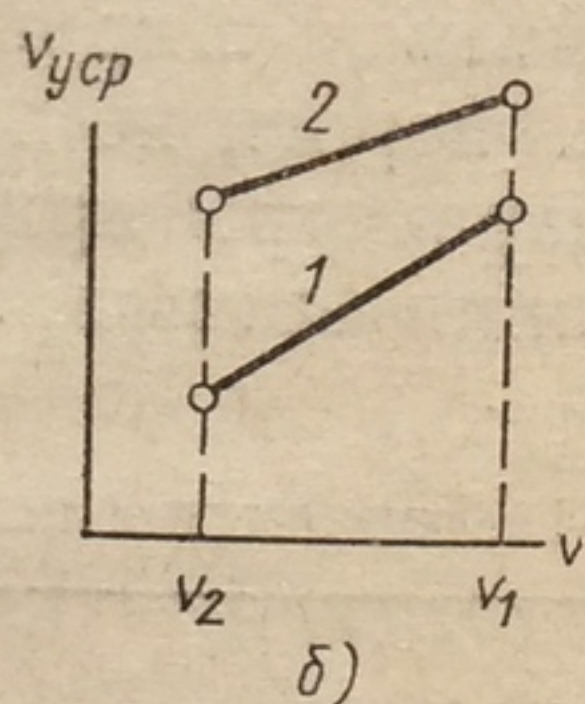
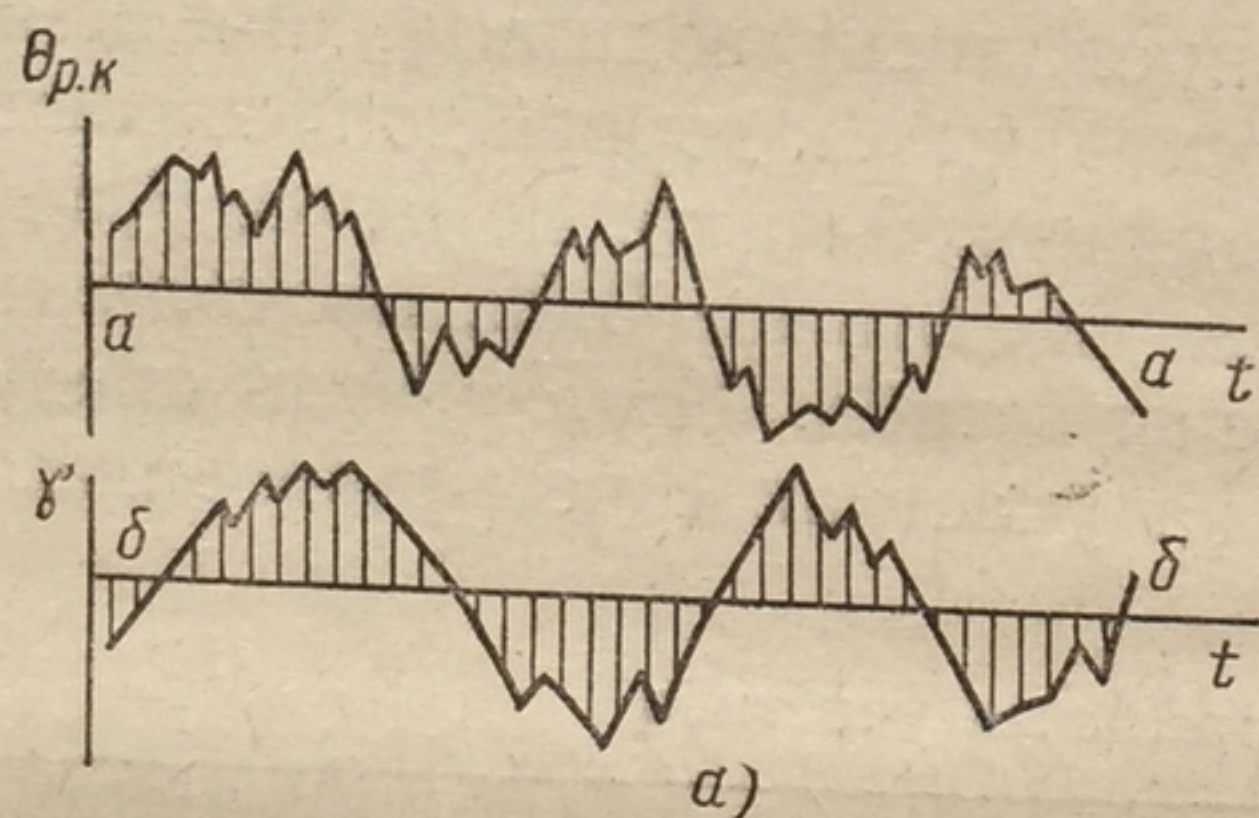


Рис. 21. Параметры курсовой устойчивости автомобиля:  
 $a$  — запись изменения угла поворота рулевого колеса  $\theta_{p.k.}$ ;  $b$  — средняя скорость поперечного смещения  $v_{уст.}$ ;  $c$  — средняя угловая скорость  $\theta_{p.k.}$  рулевого колеса; 1 и 2 — автомобили с различной устойчивостью

При испытаниях водитель разгоняет автомобиль так, чтобы иметь нужную скорость за 100 м до мерного участка, и ведет автомобиль посередине полосы с минимальными отклонениями от прямолинейного направления. Регистрирующая аппаратура записывает изменение угла поворота  $\theta_{p.k}$  рулевого колеса и курсового угла  $\gamma$  по времени  $t$  (рис. 21). Обработывая эти записи (рис. 21, а), проводят горизонтальные линии  $aa$  и  $bb$  так, чтобы ограниченные кривыми площади, расположенные сверху и снизу от этих линий, были приблизительно равны. Тогда линии  $aa$  и  $bb$  будут соответствовать ну-

левых значениям угло  
суммарные площади  $S$   
и  $\gamma$   $\theta_{\text{ср}}$

где  $M_\theta$  и  $M_\gamma$  — масштабы записи, см.

На линии бр. 4  
махи между которыми  
ротов рулевого колеса

где  $M_t$  — масштаб за

Значения  $\theta_{p,k}$ ,  $\gamma_{p,k}$   
(число которых должно  
быть средним значением)

Показатели курсов  
формулам:

среднюю скорость

среднюю угловую

По результатам по-  
курсовую устойчивость  
мобилию соответств  
прим

Недостатком

теля в испытаниях, в  
а система авто  
авто

автомобиля, контроле  
ниях. Таким  
его к

...таким образом,  
...конструктивных,  
...водителя, его  
...может...

...его квалифи  
может сильно изме

Пр

3. По

линейно  
вызывает ценз  
схему движе  
для простот  
и скор

На участие к

На участке

2—3 в

... по кри...



левым значениям углов  $\theta_{p.k}$  и  $\gamma$ . Планиметрированием определяют суммарные площади  $S_\theta$  и  $S_\gamma$  и находят средние значения углов  $\theta_{p.k}$  и  $\gamma$ :

$$\theta_{cp} = S_\theta M_\theta / l_3; \quad \gamma_{cp} = S_\gamma M_\gamma / l_3,$$

где  $M_\theta$  и  $M_\gamma$  — масштабы записи углов  $\theta_{p.k}$  и  $\gamma$ , °/см;  $l_3$  — длина записи, см.

На линии  $\theta_{p.k}$  подсчитывают число экстремумов (пик)  $p$ , размахи между которыми не менее  $3^\circ$ , и находят угловую частоту поворотов рулевого колеса (в Гц):

$$\nu_\theta = p / (2 l_3 M_t),$$

где  $M_t$  — масштаб записи времени, с/см.

Значения  $\theta_{p.k}$ ,  $\gamma_{cp}$  и  $\nu_\theta$  осредняют по всем зачетным заездам (число которых должно быть не менее 8) для каждой скорости, получая средние значения  $\theta_{p.k.ср}$ ,  $\gamma_{ср}$  и  $\nu_{\theta ср}$ .

Показатели курсовой устойчивости автомобиля вычисляют по формулам:

среднюю скорость поперечного смещения автомобиля (в м/с)

$$v_{ycp} = 1,35 \gamma_{ср} v 10^{-3};$$

среднюю угловую скорость рулевого колеса

$$\dot{\theta}_{p.k} = 2 \theta_{ср} \nu_{ср}.$$

По результатам подсчетов строят графики, характеризующие курсовую устойчивость (рис. 21, б и в). Более устойчивому автомобилю соответствуют меньшие значения показателей, в нашем примере — автомобилю 1.

Недостатком изложенного выше способа является участие водителя в испытаниях, вследствие чего испытывается не автомобиль, а система автомобиль—водитель. Водитель задает закон движения автомобиля, контролирует его и вносит коррективы при отклонениях. Таким образом, движение автомобиля зависит не только от его конструктивных особенностей и технического состояния, но и от водителя, его квалификации, опыта, состояния здоровья. Все это может сильно изменять показатели курсовой устойчивости.

### 3. ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

При криволинейном движении автомобиля потерю устойчивости обычно вызывает центробежная сила. Для ее определения рассмотрим схему движения автомобиля на повороте (рис. 22, а). Примем для простоты, что автомобиль является плоской фигурой, а увод и скольжение колес отсутствуют.

На участке дороги 1—2 автомобиль движется прямолинейно, и его управляемые колеса находятся в нейтральном положении. На участке 2—3 водитель поворачивает рулевое колесо, и автомобиль движется по кривой уменьшающегося радиуса. На участке 3—4



положение управляемых колес, повернутых на угол  $\theta$ , остается неизменным, и автомобиль движется по дуге окружности. На участке 4 — 5 водитель поворачивает рулевое колесо в обратную сторону, и радиус траектории увеличивается. На участке 5—6  $\theta = 0$ , и автомобиль снова движется прямолинейно.

Мгновенный центр  $O$  скоростей (центр поворота) автомобиля располагается в точке пересечения перпендикуляров к векторам скоростей средних точек мостов. При отсутствии увода и скольже-

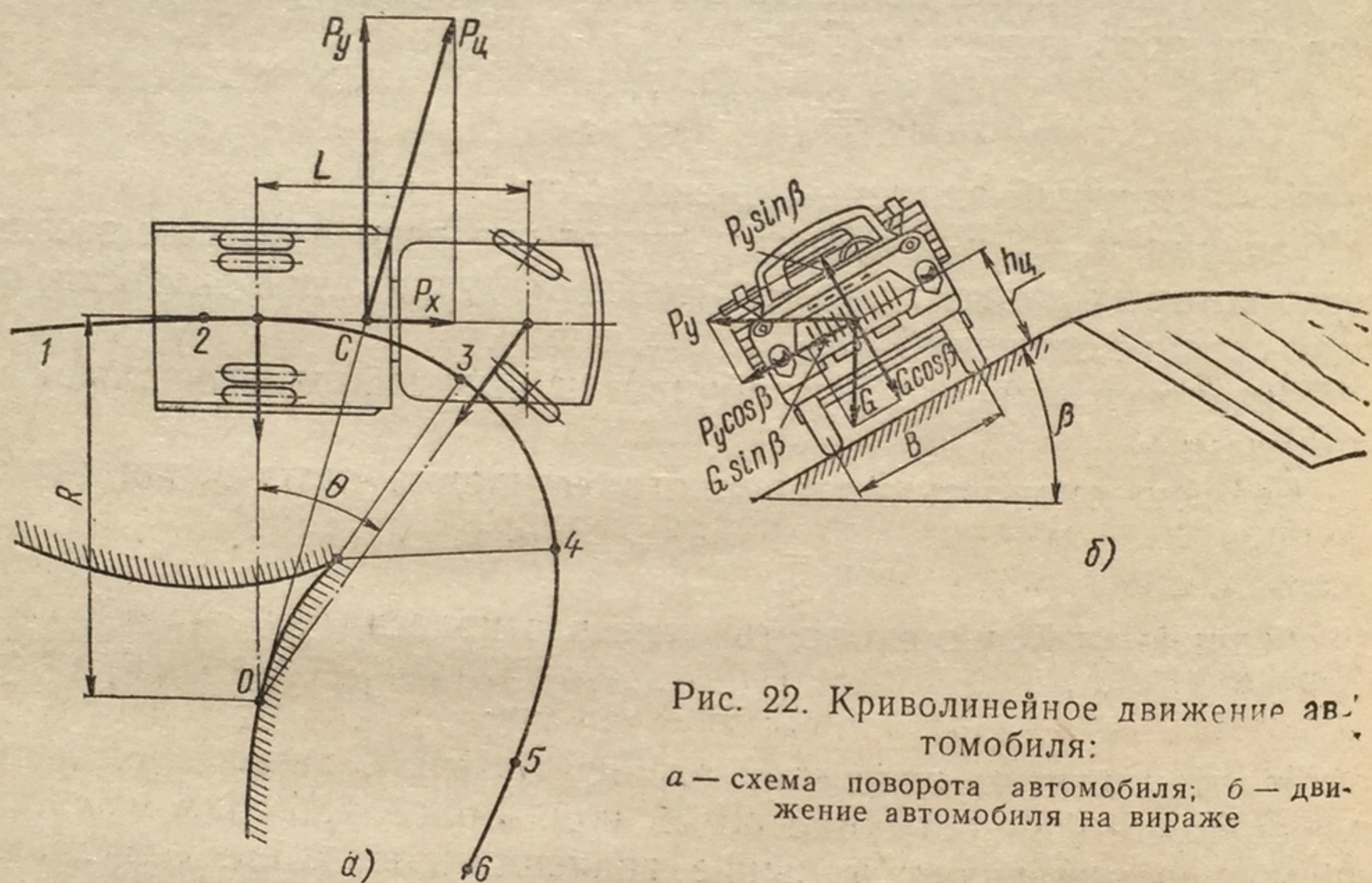


Рис. 22. Криволинейное движение автомобиля:

а — схема поворота автомобиля; б — движение автомобиля на вираже

ния колес вектор скорости середины заднего моста параллелен плоскостям задних колес, поэтому точка  $O$  находится на продолжении оси заднего моста.

Расстояние от точки  $O$  до середины заднего моста при  $\theta \leq 20^\circ$ .

$$R = L/\operatorname{tg} \theta \approx L/\theta. \quad (58)$$

Если скорость автомобиля и угол поворота передних колес постоянны, то величина  $\theta$  определяет и радиус траектории середины заднего моста. В более общем случае ( $\theta \neq \text{const}$ ,  $v \neq \text{const}$ ) радиус кривизны траектории и расстояние до мгновенного центра скоростей могут существенно различаться.

Центробежную силу  $P_{\text{ц}}$ , приложенную в центре тяжести  $C$  автомобиля, можно разложить на две составляющие: продольную силу  $P_x$  и поперечную  $P_y$ . Для безопасности движения основное значение имеет сила  $P_y$ , стремящаяся вызвать поперечное скольжение и опрокидывание автомобиля. При неравномерном движении по дуге переменного радиуса

$$P_y = (M/L)(v^2\theta + bv\dot{\theta} + b\ddot{\theta}j), \quad (59)$$

где  $\theta$  — угловая скорость  
 $b$  — расстояние от центра  
 ста, м.  
 Последний член в формуле  
 для разгона современных  
 ( $j < 0$ ) этот член отрицателен  
 тому им можно пренебречь.  
 нальный  $\theta$ , оказывает влияние  
 т. е. при малых  $\theta$ , когда его  
 В дальнейшем (практически)  
 значительно. Таким образом  
 автомобиля оказывает сила,  
 и поперечная составляющая

$$P_y =$$

Эта формула может быть  
 жения вместо формулы (59)

Рассмотрим устойчивость  
 жения. На автомобиль, дви-  
 перечным уклоном (рис. 22)  
 поперечная сила  $P_y$ . Разложим  
 дороге ( $P_y \cos \beta$  и  $G \sin \beta$ )  
 $G \cos \beta$ ). В нашем прим  
 силы  $G \sin \beta$  и  $P_y \cos \beta$  на  
 $G \cos \beta$  и  $P_y \sin \beta$  — в  
 продольные силы в зонах к  
 дорогой используется только  
 да для движения без скольж  
 ших на автомобиль, не до  
 шин с дорогой:

$$G \sin \beta + P_y \cos \beta \leq \varphi_n G \cos \beta + P_y \sin \beta$$

где  $\varphi_n$  — коэффициент поперечного трения  
 Подставляем в формулу (60)

$$\frac{G v^2}{g R} \cos \beta + G \sin \beta$$

После несложных преобразований

$$\frac{v^2}{R} + g \operatorname{tg} \beta$$

Из последнего выражения  
 мую (критическую) скорость  
 поперечного скольжения:  
 $v_{\text{ск}} =$



где  $\theta$  — угловая скорость поворота управляемых колес, рад/с;  
 $b$  — расстояние от центра тяжести автомобиля до оси заднего моста, м.

Последний член в формуле (59) при ускорениях, характерных для разгона современных автомобилей, невелик. При торможении ( $j < 0$ ) этот член отрицателен и уменьшает поперечную силу, поэтому им можно пренебречь. Второй член формулы (59), пропорциональный  $\dot{\theta}$ , оказывает влияние лишь в первый период поворота, т. е. при малых  $\theta$ , когда его величина соизмерима с первым членом. В дальнейшем (практически через 1—2 с) влияние этого члена незначительно. Таким образом, основное влияние на устойчивость автомобиля оказывает сила, определяемая первым членом формулы, и поперечная составляющая центробежной силы

$$P_y = Mv^2\theta/L = Gv^2/(gR). \quad (60)$$

Эта формула может быть использована и для общего случая движения вместо формулы (59).

Рассмотрим устойчивость автомобиля против поперечного скольжения. На автомобиль, движущийся криволинейно по дороге с поперечным уклоном (рис. 22, б), действуют сила тяжести  $G = Mg$  и поперечная сила  $P_y$ . Разложим их на составляющие, параллельные дороге ( $P_y \cos \beta$  и  $G \sin \beta$ ) и перпендикулярные ей ( $P_y \sin \beta$  и  $G \cos \beta$ ). В нашем примере автомобиль поворачивает влево, силы  $G \sin \beta$  и  $P_y \cos \beta$  направлены в одну и ту же сторону, а силы  $G \cos \beta$  и  $P_y \sin \beta$  — в противоположные. Предположим, что продольные силы в зонах контакта отсутствуют и сцепление шин с дорогой используется только для восприятия поперечных сил. Тогда для движения без скольжения сумма поперечных сил, действующих на автомобиль, не должна превышать сумму сил сцепления шин с дорогой:

$$G \sin \beta + P_y \cos \beta \leq P_{\text{сп}} = (G \cos \beta - P_y \sin \beta) \varphi_y, \quad (61)$$

где  $\varphi_y$  — коэффициент поперечного сцепления.

Подставляем в формулу (61) значение  $P_y$  согласно выражению (60)

$$\frac{Gv^2}{gR} \cos \beta + G \sin \beta \leq G \varphi_y \left( \cos \beta - \frac{v^2}{gR} \sin \beta \right).$$

После несложных преобразований получаем

$$\frac{v^2}{R} + g \operatorname{tg} \beta \leq \left( g - \frac{v^2}{R} \operatorname{tg} \beta \right) \varphi_y. \quad (62)$$

Из последнего выражения можно найти максимально допустимую (критическую) скорость, с которой можно вести автомобиль без поперечного скольжения:

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{gR (\varphi_y - \operatorname{tg} \beta) / (1 + \operatorname{tg} \beta \varphi_y)}.$$



При движении по горизонтальной дороге ( $\beta = 0$ )

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{gR\varphi_y}.$$

Из выражения (62) можно также найти максимальный (критический) угол косогора дороги, по которому автомобиль может двигаться без поперечного скольжения:

$$\text{tg}\beta_{\text{ск}} = (gR\varphi_y - v^2)/(gR + v^2\varphi_y).$$

При движении по прямолинейному участку дороги

$$\text{tg}\beta_{\text{ск}} = \varphi_y. \quad (64)$$

Согласно формулам (63) и (64) движение автомобиля устойчивее при больших значениях  $\varphi_y$  и  $R$  и малых величинах  $v$  и  $\beta$ .

Для повышения безопасности на дорогах, предназначенных для скоростного движения, все левые повороты имеют одностатный профиль — вираж. На вираже проезжая часть и обочины имеют поперечный уклон, направленный к центру закругления. Силы  $P_y \sin \beta$  и  $G \cos \beta$  при этом имеют направление, противоположное показанному на рис. 22, б, что повышает поперечную устойчивость автомобиля.

Поперечный уклон виража увеличивают при уменьшении радиуса кривой. Согласно СНиП при радиусе кривых 1000 м поперечный уклон виража должен составлять 0,02, а при радиусе кривых менее 600 м — 0,6. На скользкой дороге автомобили, движущиеся с малыми скоростями, могут сползать вниз по крутому спуску виража. Поэтому в районах с частыми гололедицами поперечный уклон проезжей части не должен превышать 0,04 независимо от радиуса кривой.

Наличие виражей, даже на дорогах, имеющих кривые больших радиусов, положительно влияет на состояние водителей, способствуя более уверенному вождению автомобиля при криволинейном движении. Поэтому в ряде государств виражи считаются обязательным элементом дорог.

При левом повороте автомобиля поперечные силы  $P_y \cos \beta$  и  $G \sin \beta$ , складываясь, могут также вызвать опрокидывание автомобиля. В начале опрокидывания колеса, внутренние по отношению к центру поворота, отрываются от дороги и вертикальные реакции на них равны нулю. Уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через контакты шин внешних колес, имеет следующий вид:

$$(P_y \cos \beta + G \sin \beta) h_{\text{ц}} = (G \cos \beta - P_y \sin \beta) 0,5 B.$$

Подставив вместо силы  $P_y$  ее значение по формуле (60), находим максимально возможную (критическую) скорость, в которой можно вести автомобиль без угрозы опрокидывания:

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{0,5B - \text{tg}\beta h_{\text{ц}}}{h_{\text{ц}} + 0,5B \text{tg}\beta} gR}.$$

При движении

Аналогично можно найти критическую скорость, при которой автомобиль может двигаться без опрокидывания:  $v_{\text{опр}} = (0,5 B g \text{tg}\beta)^{1/2}$

При движении

Устойчивость автомобиля при увеличении колеи и смещении центра тяжести

Отношение  $B/(2h_{\text{ц}})$  — это отношение ориентировочной устойчивости к фактической. Значения  $\eta_{\text{п}}^{\text{опр}}$  для различных автомобилей приведены в табл. 13.

Автомобиль

ЗАЗ-968А	«Запорожец»
ВАЗ-2103	«Жигули»
«Москвич-2140»	
ГАЗ-24	«Волга»
ГАЗ-14	«Чайка»
ЗИЛ-117	
РАФ-2203	«Латвия»
ПАЗ-672	
ЛАЗ-695Н	
УАЗ-451ДМ	
ГАЗ-53А	
ЗИЛ-130	
МАЗ-500А	

Выше было принято, что автомобиль рассматривается как жесткое тело. В действительности автомобиль — это система масс с шарнирно-сочлененными частями (основные группы — это кузов, подвески, колеса, вес которых учитывается при расчете устойчивости). Под действием поворота автомобиль наклоняется и элементы подвески деформируются.



При движении по горизонтальному участку ( $\beta = 0$ )

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{BgR/(2h_{\text{ц}})}. \quad (65)$$

Аналогично можно определить величину максимально допустимого (критического) угла косогора, по которому автомобиль может двигаться без опрокидывания:

$$\text{tg} \beta_{\text{опр}} = (0,5 BgR - v^2 h_{\text{ц}})/(h_{\text{ц}} gR + 0,5 v^2 B).$$

При движении по прямолинейному участку ( $R = \infty$ )

$$\text{tg} \beta_{\text{опр}} = B/(2h_{\text{ц}}).$$

Устойчивость автомобиля против опрокидывания возрастает с увеличением колеи  $B$  автомобиля и радиуса  $R$ , а также при снижении центра тяжести и уменьшении угла косогора.

Отношение  $B/(2h_{\text{ц}})$  называют коэффициентом поперечной устойчивости  $\eta_{\text{поп}}$ . Этот коэффициент иногда применяют для определения ориентировочной устойчивости автомобиля против опрокидывания. Значения  $\eta_{\text{поп}}$  для некоторых моделей отечественных автомобилей приведены в табл. 13.

13. Параметры поперечной устойчивости

Автомобиль	$B$ , м (в среднем)	$h_{\text{ц}}$ , м (без нагруз- ки)	$h_{\text{ц}}$ , м (с полной нагрузкой)	$\eta_{\text{поп}}$
ЗАЗ-968А «Запорожец»	1,21	0,56	0,56	1,08
ВАЗ-2103 «Жигули»	1,34	0,56	0,58	1,14
«Москвич-2140»	1,23	0,57	0,60	1,03
ГАЗ-24 «Волга»	1,44	0,55	0,62	1,16
ГАЗ-14 «Чайка»	1,56	0,55	0,56	1,39
ЗИЛ-117	1,62	0,60	0,61	1,33
РАФ-2203 «Латвия»	1,42	0,75	0,73	0,97
ПАЗ-672	1,81	1,00	1,10	0,82
ЛАЗ-695Н	1,98	0,63	0,83	1,19
УАЗ-451ДМ	1,44	0,71	0,87	0,82
ГАЗ-53А	1,66	0,75	1,15	0,72
ЗИЛ-130	1,80	0,89	1,22	0,74
МАЗ-500А	1,92	1,05	1,45	0,66

Выше было принято, что автомобиль представляет собой твердое тело. В действительности автомобиль представляет собой сложную систему масс с шарнирными и упругими связями. Можно выделить две основные группы масс: поддрессоренные массы (кузов), вес которых воспринимается подвеской, и неподдрессоренные (мосты, колеса), вес которых воспринимается шинами. Центр тяжести  $S_1$  поддрессоренных частей (рис. 23) не совпадает с центром тяжести  $S$  всего автомобиля. Точка  $S_1$  расположена выше точки  $S$  и обычно несколько ближе к переднему мосту, поэтому  $h_{\text{к}} > h_{\text{ц}}$  и  $b < b_{\text{к}}$ .

Под действием поперечных сил кузов автомобиля поворачивается и наклоняется в поперечном направлении, при этом упругие элементы подвески деформируются.



Осью крена называют прямую  $NN$ , относительно которой поворачивается кузов при его наклоне. Точки  $A_1$  и  $A_2$  пересечения оси крена с вертикальными плоскостями, проведенными через середины мостов автомобиля, называют *центрами крена*: передним ( $A_1$ ) и задним ( $A_2$ ). Положение центров крена зависит от конструкции подвески автомобиля. При независимой подвеске (на двух параллельных рычагах, свечной или торсионной) центр крена обычно расположен близко к поверхности дороги. При рессорной зависимой подвеске он находится несколько выше центра колеса. Поэтому у легковых автомобилей с передней независимой и задней рессор

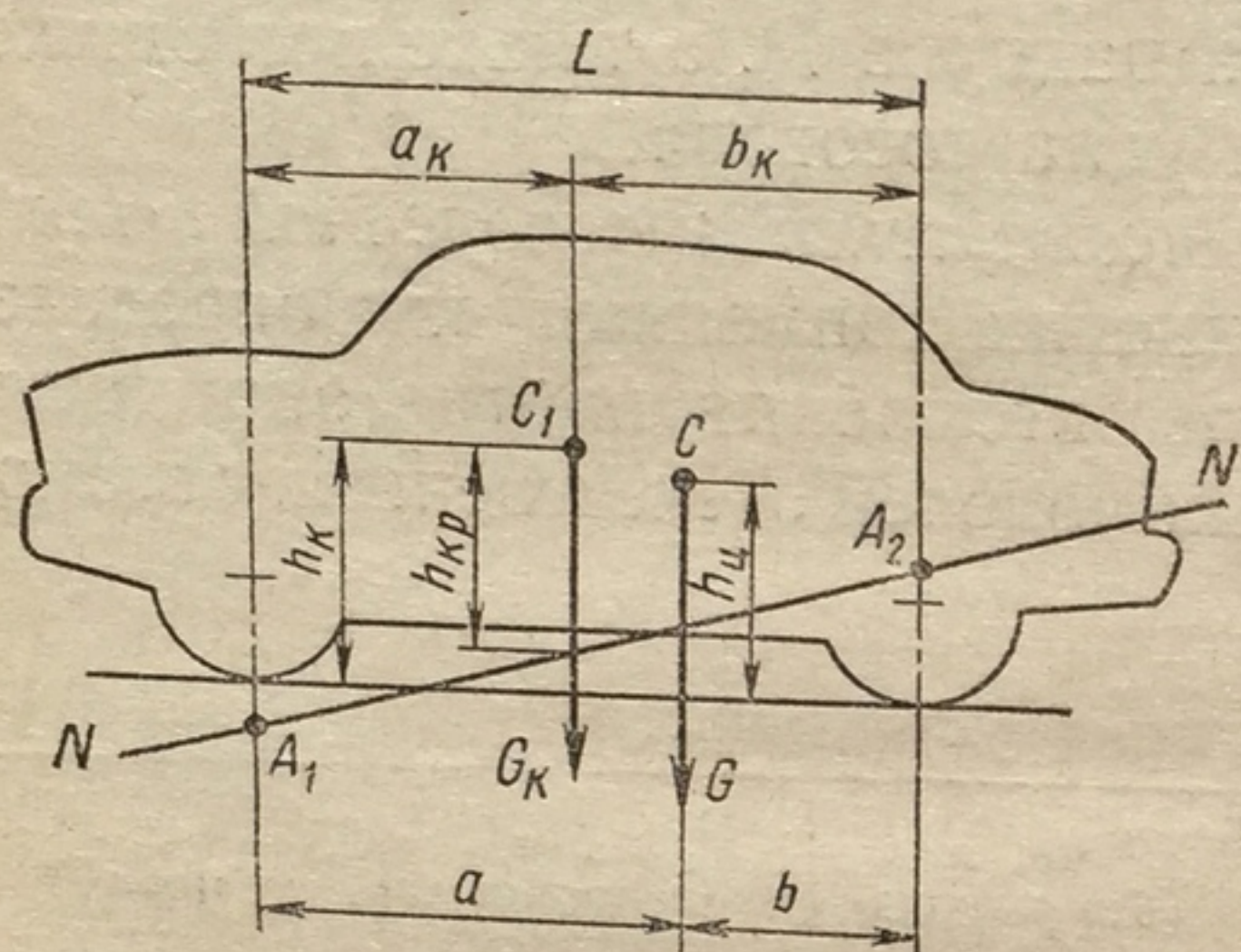


Рис. 23. Ось крена автомобиля

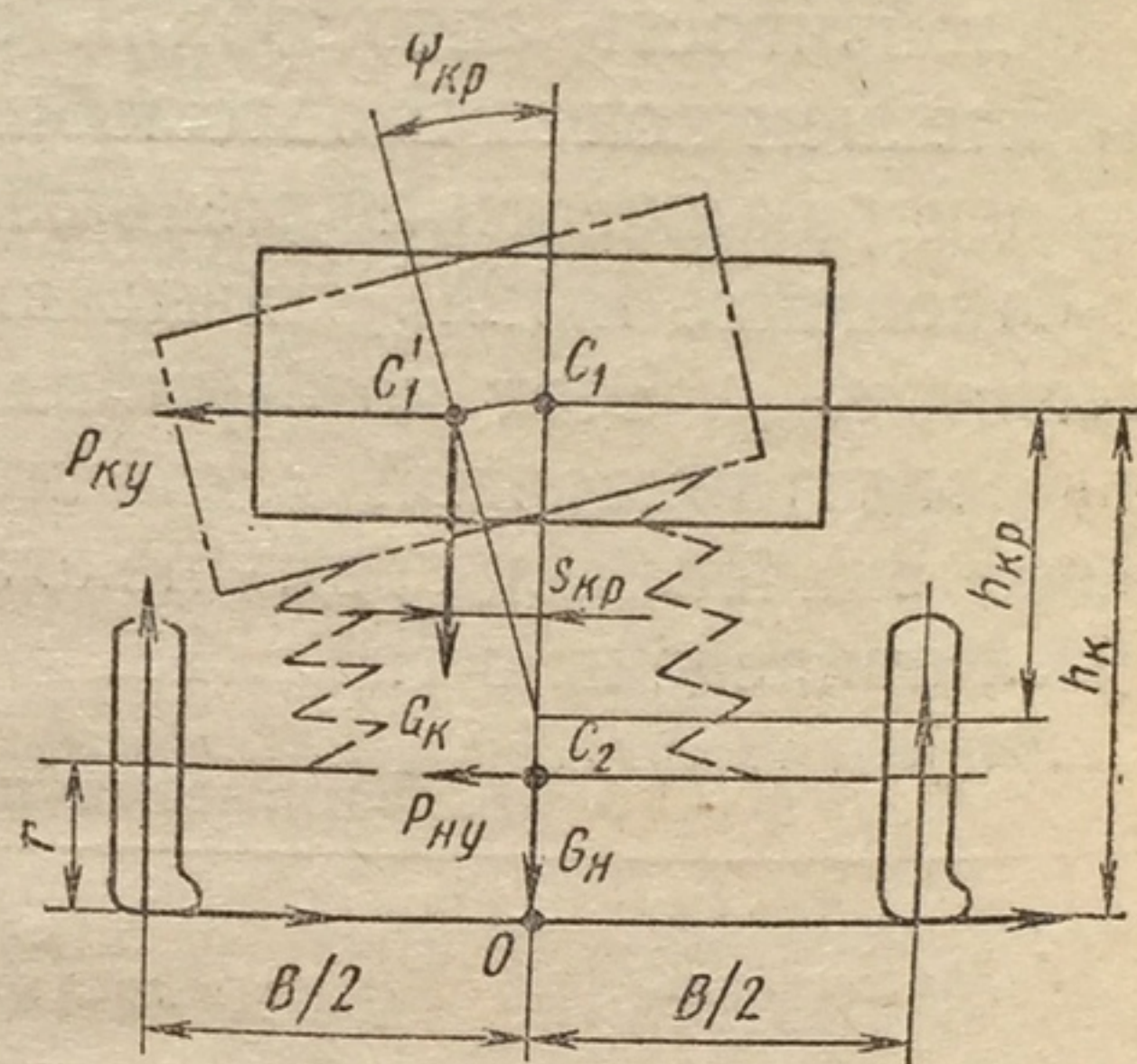


Рис. 24. Поперечный крен кузова

ной подвесками ось крена наклонена вперед (см. рис. 23). У грузовых автомобилей и автобусов, имеющих обе зависимые подвески, ось крена приблизительно параллельна плоскости дороги.

Рассмотрим движение автомобиля с учетом крена кузова (рис. 24). К центру тяжести  $C_1$  кузова приложен его вес  $G_k$  и поперечная сила  $P_{ky}$ , а к центру тяжести  $C_2$  недрессоренных масс — их вес  $G_n$  и поперечная сила  $P_{ny}$ . Под действием силы  $P_{ky}$  кузов поворачивается на угол  $\psi_{kr}$  и точка  $C_1$  смещается в точку  $C'_1$ . Обычно  $\psi_{kr} \leq 10^\circ$ , поэтому можно считать  $h_k \approx \text{const}$ . Тогда поперечное смещение центра тяжести кузова

$$s_{kr} = h_{kr} \operatorname{tg} \psi_{kr} \approx h_{kr} \psi_{kr},$$

где  $h_{kr}$  — расстояние от оси крена до центра тяжести (плечо крена).

Моменты сил  $P_{ky}$  и  $G_k$  уравниваются моментом упругих сил подвески:

$$P_{ky} h_{kr} + G_k s_{kr} = c_{y.a} \psi_{kr}, \quad (66)$$

где  $c_{y.a}$  — угловая жесткость подвески (отношение момента, вызывающего поперечный крен, к углу крена); до включения ограничителей хода подвески можно считать  $c_{y.a} \approx \text{const}$ .

Для автомобиля  
весами  
 $c_{y.a} = 0,5$

для автомобиля  
 $c_{y.a} = 0,5$

где  $c_p$  — вертикаль  
вески (рессоры, пр  
от оси качания ниж  
шарнира, м;  $B_p$  —  
 $c_{y.c}$  и  $c_{y.o}$  — углов  
тойчивости и ограни  
риментально, Н·м/р  
щие увеличение же  
 $\approx \eta_{p2} = 1,05 \div 1,2$   
а 2 — к задней.

Из формулы (66) у

Определим крити  
рокидывания с учето  
Уравнение момен  
внутренних (правых)

$P_{ky} h_k G_k (0$

Пренебрегая мал

$P_{ky} h_k$   
Поперечная сила  
муле (60)

После подстановк  
критическую скорост

$v_{опр} =$

$h_k +$

Сравнение форму  
ругой подвески умен  
рокидывания. В сред  
шения вероятности  
увеличения жестк  
чивости, позволяющ  
ния вертикальной



Для автомобиля с передней рычажной и задней зависимой подвесками

$$c_{y.a} = 0,5 \left( B_{p1}^2 c_{p1} \frac{n_p^2}{m_p^2} + B_{p2}^2 c_{p2} \eta_{p2} \right) + c_{y.c} + c_{y.o};$$

для автомобиля с обеими зависимыми подвесками

$$c_{y.a} = 0,5 (B_{p1}^2 c_{p1} \eta_{p1} + B_{p2}^2 c_{p2} \eta_{p2}) + c_{y.c} + c_{y.o},$$

где  $c_p$  — вертикальная жесткость одного упругого элемента подвески (рессоры, пружины, торсиона), Н/м;  $m_p$  и  $n_p$  — расстояния от оси качания нижнего рычага до оси пружины и до внешнего шарнира, м;  $B_p$  — расстояние между серединами рессор, м;  $c_{y.c}$  и  $c_{y.o}$  — угловые жесткости стабилизатора поперечной устойчивости и ограничителей хода подвески, определяемые экспериментально, Н·м/рад;  $\eta_{p1}$  и  $\eta_{p2}$  — коэффициенты, учитывающие увеличение жесткости рессоры при ее скручивании;  $\eta_{p1} \approx \eta_{p2} = 1,05 \div 1,25$ ; индексы 1 относятся к передней подвеске, а 2 — к задней.

Из формулы (66) угол крена

$$\psi_{кр} = P_{кy} h_{кр} / (c_{y.a} - G_k h_{кр}).$$

Определим критическую скорость автомобиля по условиям опрокидывания с учетом крена кузова.

Уравнение моментов относительно точки  $O$  в момент отрыва внутренних (правых) колес от дороги

$$P_{кy} h_k G_k (0,5B - h_{кр} \psi_{кр}) + P_{ny} r - 0,5BG_n = 0.$$

Пренебрегая малыми моментами сил  $P_{ny}$  и  $G_n$ , имеем

$$P_{кy} h_k - G_k (0,5B - h_{кр} \psi_{кр}) = 0. \quad (67)$$

Поперечная сила инерции поддрессоренных масс согласно формуле (60)

$$P_{кy} = G_k v^2 / (gR) \approx G_k v^2 \theta / (gL).$$

После подстановки значений  $\psi_{кр}$  и  $P_{кy}$  в формулу (67) находим критическую скорость автомобиля

$$v_{опр} = \sqrt{\frac{0,5BRg}{h_k + \frac{G_k h_{кр}^2}{c_{y.a} - G_k h_{кр}}}} = \sqrt{\frac{0,5BLg}{\theta \left( h_k + \frac{G_k h_{кр}^2}{c_{y.a} - G_k h_{кр}} \right)}}. \quad (68)$$

Сравнение формул (65) и (68) показывает, что при наличии упругой подвески уменьшается критическая скорость по условиям опрокидывания. В среднем  $v'_{опр}$  на 10—15% меньше  $v_{опр}$ . Для уменьшения вероятности опрокидывания автомобиля следует увеличивать угловую жесткость подвески и уменьшать плечо крена. Для увеличения  $c_{y.a}$  устанавливают стабилизаторы поперечной устойчивости, позволяющие уменьшать угол крена кузова без увеличения вертикальной жесткости подвески.



Как показывает формула (67), на автомобиль в процессе криволинейного движения действуют два момента, противоположных по направлению: опрокидывающий момент силы  $P_{ny}$  и восстанавливающий момент силы  $G_R$ . При равенстве этих моментов внутренние колеса автомобиля начинают отрываться от дороги. Если после этого опрокидывающий момент увеличится из-за возрастания  $v$  или уменьшения  $R$ , то автомобиль начнет наклоняться в сторону действия силы  $P_{ny}$ . Однако отрыв колес от дороги не всегда приводит к опрокидыванию автомобиля. Если опрокидывающий и восстанавливающий моменты равны, то автомобиль может двигаться только на внешних колесах. Такое положение можно наблюдать, например, на аттракционах типа автородео, где хорошо натренированный водитель при движении по окружности сознательно увеличивает скорость, добиваясь отрыва колес от дороги, после чего автомобиль в таком положении можно вести довольно долго.

В эксплуатационных условиях опрокидывающий момент обычно возникает неожиданно и быстро увеличивается, так что водитель не успевает снизить скорость или повернуть рулевое колесо, и опрокидывание автомобиля становится неизбежным.

#### 4. УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРЕДНЕГО И ЗАДНЕГО МОСТОВ

При определении скорости  $v_{ск}$  предполагалось, что продольные силы отсутствуют и оба моста автомобиля скользят в поперечном направлении одновременно. Такое явление в практике наблюдается редко, обычно раньше начинают скользить колеса одного из мостов: заднего или переднего. Для качения колеса без поперечного и продольного проскальзывания необходимо соблюдение условия

$$P_{сц} = R_z \varphi \geq \sqrt{R_x^2 + R_y^2},$$

где  $R_x$ ,  $R_y$  и  $R_z$  — касательная, поперечная и нормальная реакции дороги на колесо.

Отсюда

$$\varphi \geq \sqrt{(R_x^2/R_z^2) + (R_y^2/R_z^2)} = \sqrt{\chi^2 + (R_y^2/R_z^2)},$$

где  $\chi = R_x/R_z$  — удельная касательная реакция, равная для ведущего колеса  $P_T/R_z$ , а для тормозного  $P_{тор}/R_z$ ; для ведомого колеса  $\chi = f$ .

Подставим вместо поперечной силы ее значение по формуле (60), тогда

$$\varphi^2 = \chi^2 + (Gv^2/gRR_z)^2.$$

Не учитывая динамических нагрузок на колеса, можно приближенно принять  $R_z = G$ . Следовательно, максимальная скорость, с которой автомобиль может двигаться без скольжения при совместном действии касательных и поперечных сил,

$$v'_{ск} = \sqrt{gR\sqrt{\varphi^2 - \chi^2}}.$$

Скорость  $v'_{ск}$  меньше (63) для случая равн. примерно на 10—20%. Этот  $v'_{ск} \approx 0$ , и даже линейного движения. Аналогично можно установить передние критические скорости определ.

где  $m_1$  и  $m_2$  — коэф. для двухосных автомо.

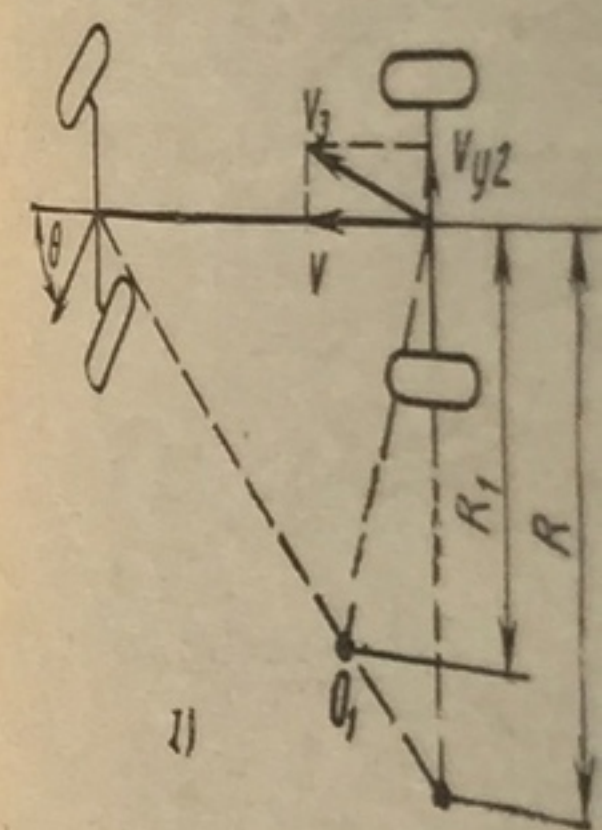


Рис. 25. Зано

$m_1 = 0,8 \div 0,9$ ;  $m_2 = 1$ .  
 $m_2 = 0,7 \div 0,8$ .

При активных реж.  $\chi_1 \ll \chi_2$ . При торможе переднего нагружают  $> v_{ск2}$ , т. е. наиболее

На рис. 25, а по дуге радиуса R. Е

по дуге радиуса R. Е

скоростей задний мост

увеличение центробе

чнут проскальзывати

перечного скольжени

и автомобиль будет

радиуса. Такое д

чрезвычайно о



Скорость  $v'_{ск}$  меньше скорости  $v_{ск}$ , определенной по формуле (63) для случая равномерного движения автомобиля и разгона, примерно на 10—20%. При интенсивном торможении  $\chi \approx \varphi$ , при линейного движения может привести к заносу.

Аналогично можно получить формулы, определяющие условия устойчивости переднего и заднего мостов. Соответствующие критические скорости определяют по формулам:

$$\begin{aligned} v_{ск1} &= \sqrt{m_1 g R (\varphi^2 - \chi^2) \cos \theta}; \\ v_{ск2} &= \sqrt{m_2 g R (\varphi^2 - \chi^2)}, \end{aligned} \quad (69)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  — коэффициенты изменения вертикальных реакций; для двухосных автомобилей при движении под действием силы тяги

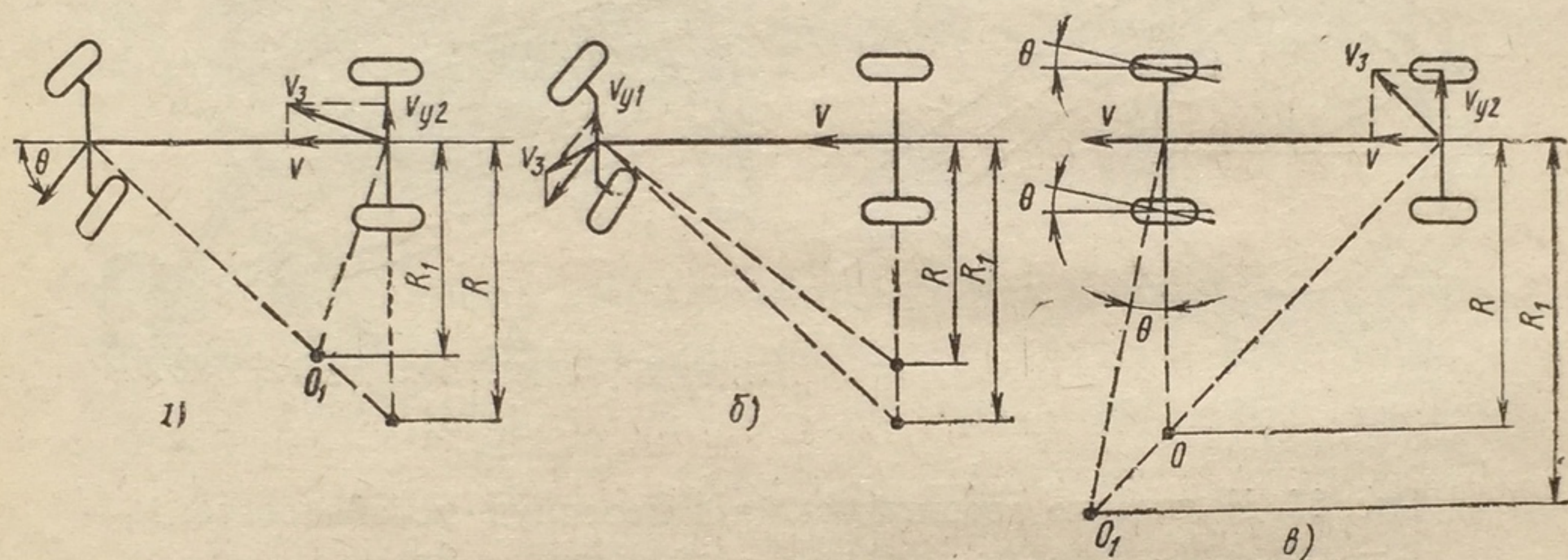


Рис. 25. Занос переднего и заднего мостов автомобиля

$m_1 = 0,8 \div 0,9$ ;  $m_2 = 1,05 \div 1,1$ ; при торможении  $m_1 = 1,2 \div 1,3$  и  $m_2 = 0,7 \div 0,8$ .

При активных режимах движения у заднеприводных автомобилей  $\chi_1 \ll \chi_2$ . При торможении колёса заднего моста разгружаются, а переднего нагружаются и  $m_1 > m_2$ . Поэтому в обоих случаях  $v_{ск1} > v_{ск2}$ , т. е. наиболее вероятен занос заднего моста.

На рис. 25, а показан автомобиль, движущийся криволинейно по дуге радиуса  $R$ . Если скорость автомобиля  $v$  превысит критическое значение  $v_{ск2}$ , то задний мост будет проскальзывать в поперечном направлении с некоторой скоростью  $v_{y2}$ . В результате сложения скоростей задний мост начнет перемещаться по направлению вектора  $v_3$  и радиус уменьшится до  $R_1$ . Уменьшение радиуса вызовет увеличение центробежной силы, что в свою очередь приведет к дальнейшему уменьшению радиуса. При некотором значении радиуса начнут проскальзывать колёса переднего моста. Однако скорость поперечного скольжения заднего моста все время будет расти быстрее, и автомобиль будет двигаться по дуге непрерывно уменьшающегося радиуса. Такое движение автомобиля называется заносом. Занос радиуса. Такое движение автомобиля называется заносом. Занос чрезвычайно опасен, так как развивается обычно быстро и может



привести к выходу автомобиля за пределы полосы движения или опрокидыванию.

Если  $v_{ск1} < v_{ск2}$ , то при  $v = v_{ск1}$  начинается поперечное скольжение переднего моста со скоростью  $v_{y1}$  (рис. 25, б). В этом случае передний мост перемещается по направлению вектора  $v_3$  и радиус увеличивается от  $R$  до  $R_1$ . Увеличение радиуса приводит к уменьшению центробежной силы, и скорость  $v_{y1}$  понижается. Следовательно, такой автомобиль не может войти в занос, хотя может частично утратить управляемость.

Чтобы прервать начавшийся занос, нужно прекратить торможение или подачу топлива, уменьшив тем самым величину  $\chi$ . Кро-

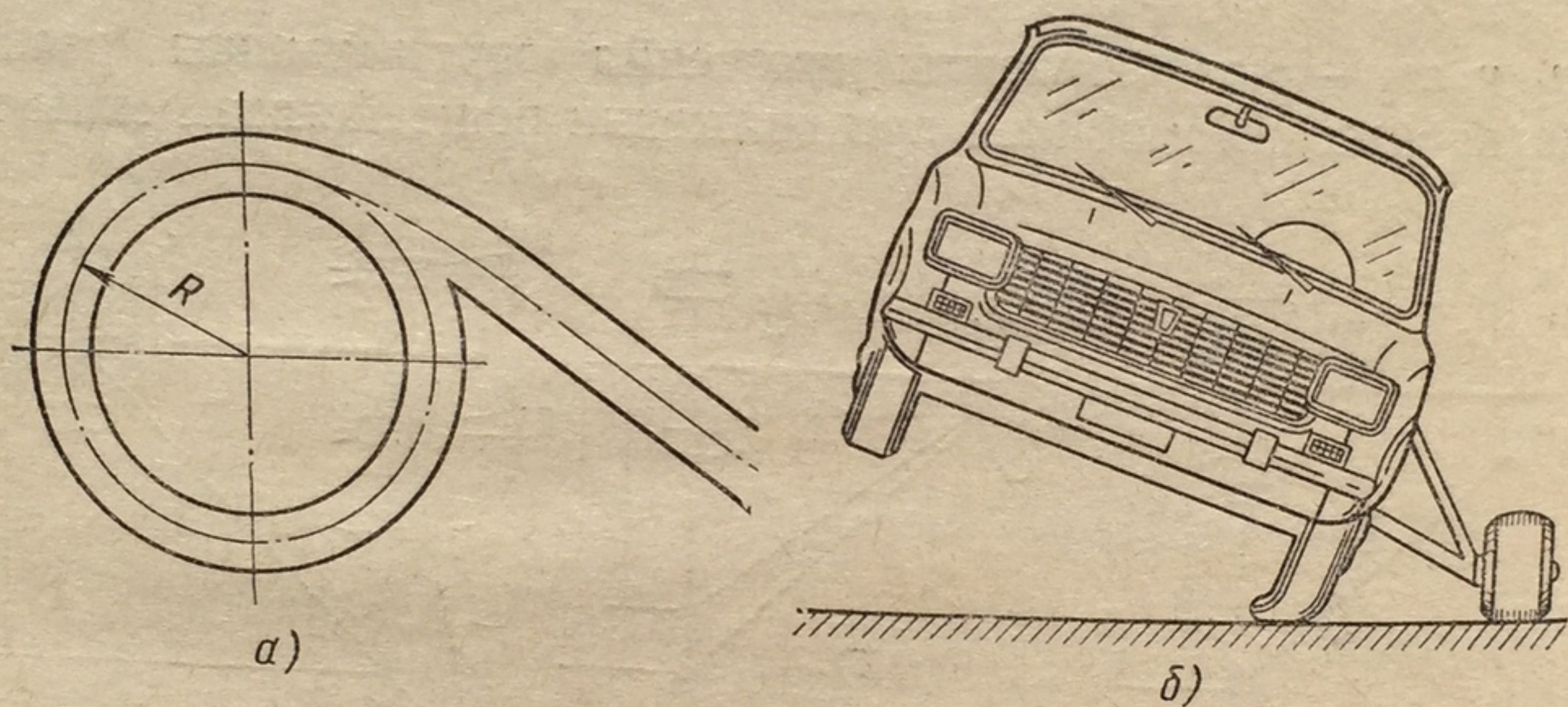


Рис. 26. Испытание автомобиля на поперечную устойчивость: а — схема испытательного участка; б — испытание на опрокидывание

ме того, нужно повернуть передние колеса в сторону скольжения заднего моста. Пусть во время начала заноса передние колеса занимали нейтральное положение и центр поворота находился в точке  $O$  (рис. 25, в). После поворота колес на угол  $\theta$  центр поворота сместится в точку  $O_1$  и радиус поворота увеличится от  $R$  до  $R_1$ , а центробежная сила уменьшится.

При испытаниях автомобиля на поперечную устойчивость горизонтальную площадку с сухим ровным асфальто-или цементобетонным покрытием размечают, как показано на рис. 26, а. Прямолинейный участок длиной 50 м соединяют переходной кривой с окружностью, радиус которой для пассажирских автомобилей с числом мест менее 8 равен 35 м, для других автомобилей 25 м.

Автомобиль оборудуют навесными колесами, предотвращающими его опрокидывание (рис. 26, б). Водитель ведет автомобиль по середине размеченного коридора, от заезда к заезду увеличивая скорость на 0,3—0,5 м/с. Испытания прекращают при начале заноса, опрокидывания и утрате управляемости (автомобиль не вписывается в поворот).

Показателем устойчивости служит средняя скорость по пяти-шести зачетным заездам.

Характерный  
поездом является  
буксования вед  
Определим  
поезд может дви  
ния силами  $P_{п}$

$$G_{пр} \sin \alpha$$

где  $G_{пр}$  — вес пр  
В момент нач  
 $\chi \varphi$ . Подставив  
получим выраже  
ема, при котором  
буксования веду

Согласно посл  
шой степени зави  
Чем меньше вели  
с массой тягача, т  
крытием буксова  
относительно пол  
Для одиночно

Для автомобил  
на  $G_{ф} \cos \alpha$  и  $\tan$   
без потери продо  
при мокром и ско

## § 8. У

### 1. ЗНАЧ

Управляемость  
ния автомобиля в  
различных возде  
ной, что затрудня  
ки управляемости  
Поворачивая р  
движению автомо  
ствительное на



## 5. ПРОДОЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Характерным примером утраты продольной устойчивости автопоезда является его сползание назад на крутом подъеме вследствие буксования ведущих колес тягача.

Определим максимальный угол подъема  $\alpha_d$ , по которому автопоезд может двигаться без буксования. Пренебрежем для упрощения силами  $P_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{к}}$  и  $P_{\text{в}}$ . Тогда из условий равновесия тягача имеем

$$R_{x2} = (G + G_{\text{пр}}) \sin \alpha_d;$$

$$G_{\text{пр}} \sin \alpha_d h_{\text{пр}} - R_{z2} L + G \sin \alpha_d h_{\text{ц}} + G \cos \alpha_d a = 0,$$

где  $G_{\text{пр}}$  — вес прицепа, Н;  $h_{\text{пр}}$  — высота сцепного устройства, м.

В момент начала буксования ведущих колес тягача  $R_{x2} = R_{z2} \times \varphi_x$ . Подставив значения  $R_{x2}$  и  $R_{z2}$  и разделив все члены на  $\cos \alpha_d$ , получим выражение для максимального (критического) угла подъема, при котором возможно равномерное движение автопоезда без буксования ведущих колес тягача:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = \frac{Ga\varphi_x}{G(L - h_{\text{ц}}\varphi_x) + G_{\text{пр}}(L - h_{\text{пр}}\varphi_x)}.$$

Согласно последнему выражению критический угол  $\alpha_{\text{бук}}$  в большой степени зависит от коэффициента сцепления и массы прицепа. Чем меньше величина  $\varphi_x$  и чем больше масса прицепа по сравнению с массой тягача, тем меньше  $\alpha_{\text{бук}}$ . Так, на дорогах с обледенелым покрытием буксование может наступить при  $\alpha_{\text{бук}} = 2 \div 3^\circ$ , т. е. на относительно пологих подъемах.

Для одиночного автомобиля (типа  $2 \times 1$ )  $G_{\text{пр}} = 0$  и

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = a\varphi_x / (L - h_{\text{ц}}\varphi_x).$$

Для автомобиля со всеми ведущими мостами сила сцепления равна  $G\varphi_x \cos \alpha$  и  $\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = \varphi_x$ . Такие автомобили могут преодолевать без потери продольной устойчивости весьма крутые подъемы даже при мокром и скользком покрытии ( $\alpha_{\text{бук}} = 17 \div 19^\circ$ ).

## § 8. УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

### 1. ЗНАЧЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Управляемость оценивают по соответствию параметров движения автомобиля воздействиям водителя на рулевое управление. При различных воздействиях степень соответствия может быть различной, что затрудняет выбор единого критерия для комплексной оценки управляемости автомобиля в эксплуатационных условиях.

Поворачивая рулевое колесо, водитель задает новое направление движению автомобиля. При плохой управляемости автомобиля действительное направление движения не совпадает с желательным и



необходимы дополнительные управляющие воздействия со стороны водителя. Это приводит к «рысканию» автомобиля по дороге, увеличению динамического коридора и утомлению водителя. При особенно неблагоприятных условиях плохая управляемость может явиться причиной столкновения автомобилей, наезда на пешехода или выезда за пределы дороги.

Подавляющее большинство опасных дорожных ситуаций (до 80—85%) водитель ликвидирует путем своевременного поворота руле-

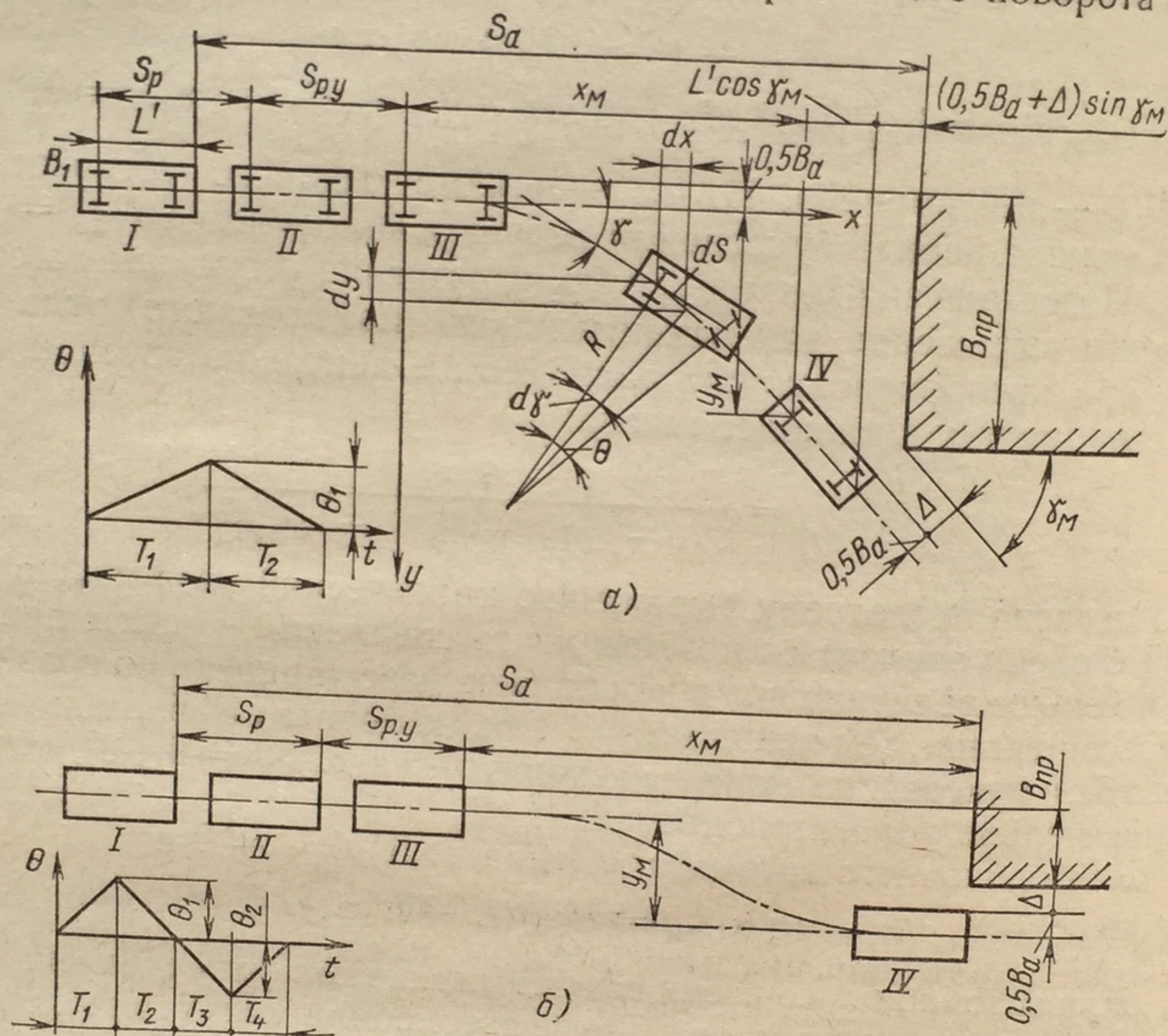


Рис. 27. Схемы для расчета маневра автомобиля:  
а — при неограниченной ширине препятствия; б — при смене полосы движения

вого колеса и изменения направления движения автомобиля. При этом водитель может, либо повернув автомобиль, отвести его от опасной зоны под углом к прежнему направлению движения, либо выехать в соседний ряд. Первый маневр проще, но его выполнению может мешать недостаточная ширина проезжей части, деревья, столбы и другие препятствия, находящиеся за пределами дороги. Второй маневр можно выполнить на любой двухполосной дороге. Определим параметры движения автомобиля при первом маневре, считая шины жесткими в боковом направлении. Это позволит ограничиться простыми кинематическими зависимостями.

В положении I (рис. 27) водитель замечает впереди на расстоянии  $S_a$  препятствие. На пути  $S_p$  (за время  $t_p$ ) он осознает необходимость маневра и принимает решение о его выполнении. На пути  $S_{p.y}$  (за

время  $t_{p.y}$ ) водитель продолжает движение, амортизация и положение педали — время за средним 0,15—0,3 гаться криволиней чале в одну сторо ситуациях после п вает их обратно, В положении IV углом  $\gamma_M$  к прежн рота будет обеспеч препятствием оста

Согласно рис. 2

$$S_a = S_p - L' + y_M + 0,5 B_a$$

где  $L'$  — расстоян ля;  $x_M$  и  $y_M$  — про в процессе маневра Приняв прибли ления безопасного

$$x_M \leq S$$

Чтобы определить дем оси координат х дало с серединой за который момент вре вернется относительно бесконечно малый уг  $= R d\gamma$ . При движен на дуги  $dS = v dt$ . У

$$d\gamma =$$

Закон изменения быть различным. Пр рота передних колес (время  $T_1$ ) угол  $\theta$

При этом допущен рату времени:



время  $t_{p-y}$  водитель поворачивает рулевое колесо, но автомобиль продолжает двигаться прямолинейно, так как происходит деформация амортизационных пружин, рычагов и тяг рулевого управления и положение передних колес не меняется (положение *II*). Время  $t_{p-y}$  — время запаздывания рулевого управления — составляет в среднем 0,15—0,35 с. В положении *III* автомобиль начинает двигаться криволинейно. При этом водитель поворачивает колеса вначале в одну сторону, и угол  $\theta$  увеличивается (время  $T_1$ ). В опасных ситуациях после поворота колес на угол  $\theta_1$  водитель сразу поворачивает их обратно, вследствие чего угол  $\theta$  уменьшается (время  $T_2$ ). В положении *IV*  $\theta = 0$ , и автомобиль движется прямолинейно под углом  $\gamma_m$  к прежнему направлению движения. Безопасность поворота будет обеспечена, если в конце маневра между автомобилем и препятствием останется некоторый интервал  $\Delta$ .

Согласно рис. 27, а можно написать

$$S_a = S_p - L' + S_{p.y} + x_m + L' \cos \gamma_m + (0,5 B_a + \Delta) \sin \gamma_m;$$

$$y_m + 0,5 B_a + L' \sin \gamma_m = B_{пр} + (0,5 B_a + \Delta) \cos \gamma_m,$$

где  $L'$  — расстояние от заднего моста до передней части автомобиля;  $x_m$  и  $y_m$  — продольное и поперечное перемещения автомобиля в процессе маневра;  $B_{пр}$  — ширина препятствия.

Приняв приближенно  $\sin \gamma_m \approx \gamma_m$  и  $\cos \gamma_m = 1$ , получим условия безопасного маневра:

$$x_m \leq S_a - S_p - S_{p.y} + (0,5 B_a + \Delta) \gamma_m;$$

$$y_m \geq B_{пр} + \Delta - L' \gamma_m.$$

Чтобы определить параметры криволинейного движения, проведем оси координат  $x$  и  $y$  так, чтобы начало системы координат совпадало с серединой заднего моста автомобиля в положении *III*. В некоторый момент времени  $t$  автомобиль, двигаясь криволинейно, повернется относительно оси  $x$  на угол  $\gamma$ . После поворота его еще на бесконечно малый угол  $d\gamma$  середина заднего моста опишет дугу  $dS = R d\gamma$ . При движении автомобиля с постоянной скоростью  $v$  длина дуги  $dS = v dt$ . Учитывая равенство (58), имеем

$$d\gamma = dS/R = v dt/R = v \theta dt/L.$$

Закон изменения угла  $\theta$  по времени зависит от водителя и может быть различным. Примем для простоты, что угловая скорость поворота передних колес постоянна ( $\dot{\theta} \approx \text{const}$ ) и в первой фазе поворота (время  $T_1$ ) угол  $\theta$  изменяется прямо пропорционально времени:

$$\theta = \theta t.$$

При этом допущении курсовой угол прямо пропорционален квадрату времени:

$$\gamma = v \theta \int t dt / L = v \theta t^2 / 2L. \quad (70)$$



В эксплуатационных условиях максимальное значение курсового угла обычно не превышает  $10-15^\circ$ . Для таких значений  $\gamma$  изменение координат  $x$  и  $y$  точки  $B_1$  за время  $dt$  определяется формулами  $dx = dS \cos \gamma \approx dx$ ;  $dy = dS \sin \gamma \approx dS\gamma = vdt\gamma$ .

Следовательно, координаты точки  $B_1$  в момент времени  $t$  имеют следующие значения:

$$x = \int v dt = vt; \quad (71)$$

$$y = (v^2 \dot{\theta} \int t^2 dt) / 2L = v^2 \dot{\theta} t^3 / 6L. \quad (72)$$

Формулы (70) — (72) позволяют найти  $\gamma$ ,  $x$  и  $y$  и определить положение автомобиля на дороге в процессе входа в поворот.

Величина угловой скорости  $\dot{\theta}$  ограничена, с одной стороны, психофизиологическими возможностями водителя и находится в следующих пределах, рад/с:

Для легковых автомобилей	0,2—0,3
Для грузовых автомобилей и автобусов	0,15—0,3

С другой стороны, скорость  $\dot{\theta}$  не может быть особенно большой по соображениям безопасности. Выполняя маневр, водитель должен избегать заноса или опрокидывания.

Потеря устойчивости автомобилем наиболее вероятна в середине маневра (при  $\theta = \theta_1$ ), где кривизна траектории максимальна. Из условия равенства центробежной силы и силы сцепления на этом участке имеем

$$\frac{M v^2}{R} = \frac{M v^2}{L} \theta_1 = \frac{G v^2}{gL} \dot{\theta} T_1 = G \Phi_y. \quad (73)$$

Отсюда максимально допустимая угловая скорость поворота передних колес по условиям сцепления

$$\dot{\theta} = L g \Phi_y / (v^2 T_1).$$

Подставив значение  $\dot{\theta}$  в формулы (70) и (72), получим выражения для определения параметров  $\gamma_1$ ,  $x_1$  и  $y_1$  в середине маневра (табл. 14). Проведя аналогичные вычисления для второй фазы маневра—выхода автомобиля из поворота, получим формулы для параметров  $\gamma_m$ ,  $x_m$  и  $y_m$  конца второй фазы — выхода автомобиля из поворота.

Выполняя маневр второго типа — смену полосы движения, водитель должен повернуть рулевое колесо несколько раз (рис. 27, б). Сначала он поворачивает его на угол  $\theta_1$  в одну сторону, затем на угол, равный  $2\theta_1$ , в другую сторону и, наконец, возвращает колеса в нейтральное положение. Весь маневр, состоящий в этом случае из четырех периодов  $T_1 - T_4$ , требует от водителя точного расчета и большего числа действий на том же пути, чем при маневре первого типа. Зато при выполнении маневра второго типа автомобиль меньше смещается в поперечном направлении и проезжая часть

Маневр	
Вход в поворот	$\gamma_1 =$
Выход из поворота	$\gamma_2 = \frac{5\gamma}{6}$
Смена полосы движения	$\gamma_m =$

дороги может быть значительным, угол равен нулю и автомобиль не мешает движению.

Формулы для расчета параметров маневра даны в табл. 14.

Изложенный выше анализ маневров, в которых автомобиль может значительно отличаться от обычного, приводит к следующим вариантам маневра.

## 2. ПОВОРАТЫ

Поворачиваемость автомобиля — способность автомобиля поворачиваться без помощи водителя. Поворачиваемость зависит от упругости шин, упругости подвески, упругости рулевого механизма.

Уводом называют качение колеса в сторону, противоположную направлению движения. При действии на колесо вектора скорости центра колеса под действием упругих сил на некоторый угол  $\delta$  — угол увода. Значение  $\delta$  зависит от упругости шин, упругости подвески, упругости рулевого механизма.

где  $k_{ув}$  — коэффициент упругости шин, зависящий от поперечной силы по упругости шин. Величина  $k_{ув}$  зависит от упругости шин, упругости подвески, упругости рулевого механизма.



14. Параметры движения автомобиля при маневрах

Маневр	$\gamma$	$x$	$y$
Вход в поворот	$\gamma_1 = \frac{g\varphi_y T_1}{2v}$	$x_1 = vT_1$	$y_1 = \frac{g\varphi_y T_1^2}{6} = \frac{g\varphi_y x_1^2}{6v^2}$
Выход из поворота	$\gamma_2 = \frac{g\varphi_y T_1}{v} = 2\gamma_1$	$x_2 = 2vT_1 = 2x_1$	$y_2 = g\varphi_y T_1^2 = 6y_1$
Смена полосы движения	$\gamma_m = 0$	$x_m = 4vT_1$	$y_m = 2g\varphi_y T_1^2 = \frac{g\varphi_y x_m^2}{8v^2}$

дороги может быть значительно уже. В конце маневра курсовой угол равен нулю и автомобиль движется параллельно прежнему направлению движения.

Формулы для расчета параметров маневра второго типа также даны в табл. 14.

Изложенный выше анализ маневра проведен для элементарной расчетной схемы, в которой не учитываются многие конструктивные и эксплуатационные факторы. Параметры движения реального автомобиля могут значительно отличаться от расчетных данных, поэтому последние обычно используют лишь для сравнения различных вариантов маневра.

## 2. ПОВОРАЧИВАЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Поворачиваемостью называют свойство автомобиля изменять направление движения без поворота управляемых колес. Есть две основных причины поворачиваемости: увод колес, вызываемый поперечной эластичностью шин, и поперечный крен кузова, связанный с эластичностью подвески. Соответственно различают шинную и креновую поворачиваемость автомобиля.

Уводом называют качение колеса под углом к своей плоскости. При действии на колесо с эластичной шиной поперечной силы  $P_y$  вектор скорости центра колеса отклоняется от плоскости вращения на некоторый угол  $\delta$  — угол увода. Сила  $P_y$  и угол увода  $\delta$  связаны следующей зависимостью:

$$P_y = k_{ув} \delta, \quad (74)$$

где  $k_{ув}$  — коэффициент сопротивления уводу (первая производная от поперечной силы по углу увода), Н/рад.

Величина  $k_{ув}$  зависит от многих факторов, из которых наибольшее значение имеют величина угла увода, вертикальная и касатель-



ная силы, приложенные к колесу, и наклон колеса к вертикали. Считая, что эти факторы действуют независимо один от другого, их влияние на  $k_{ув}$  учитывают экспериментальными поправочными коэффициентами. С учетом этих коэффициентов формула (74) принимает следующий вид:

$$P_y = q_1 q_2 q_3 q_4 e_{ув \max} \delta,$$

где  $q_1$  и  $q_2$  — коэффициенты, учитывающие изменение вертикальной и касательной сил, действующих на колесо;  $q_3$  — коэффициент, учитывающий изменение угла наклона колеса;  $q_4$  — коэффициент, учи-

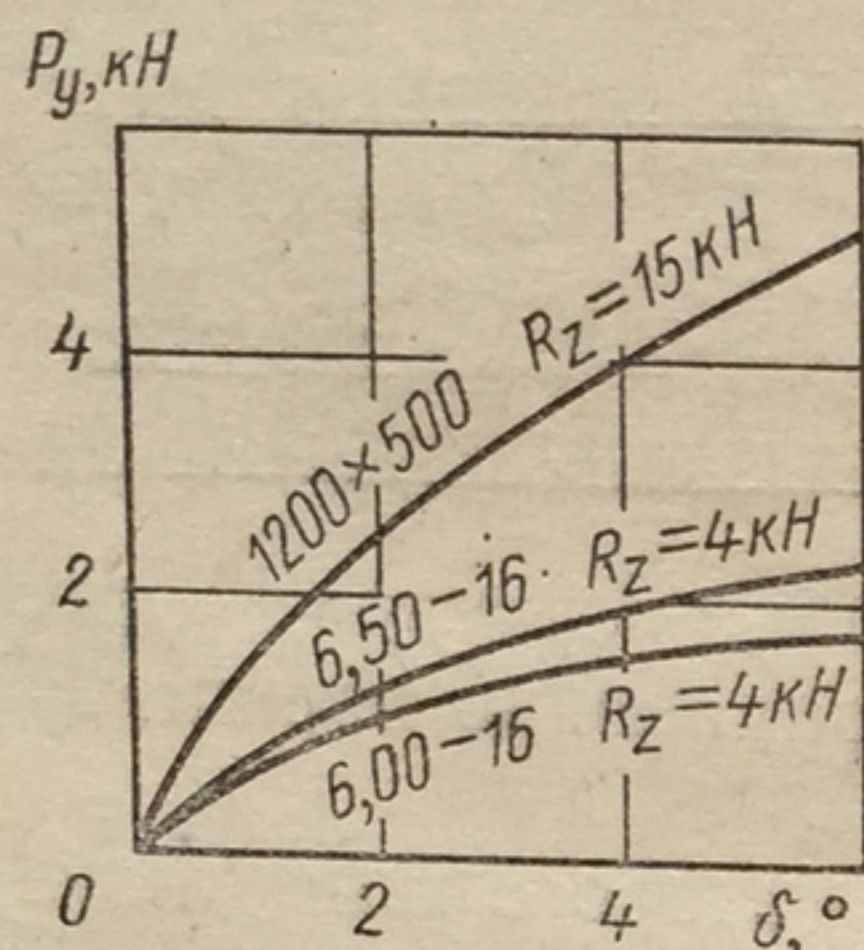


Рис. 28. Зависимости угла увода  $\delta$  от поперечной силы  $P_y$  для автомобилей с различными шинами

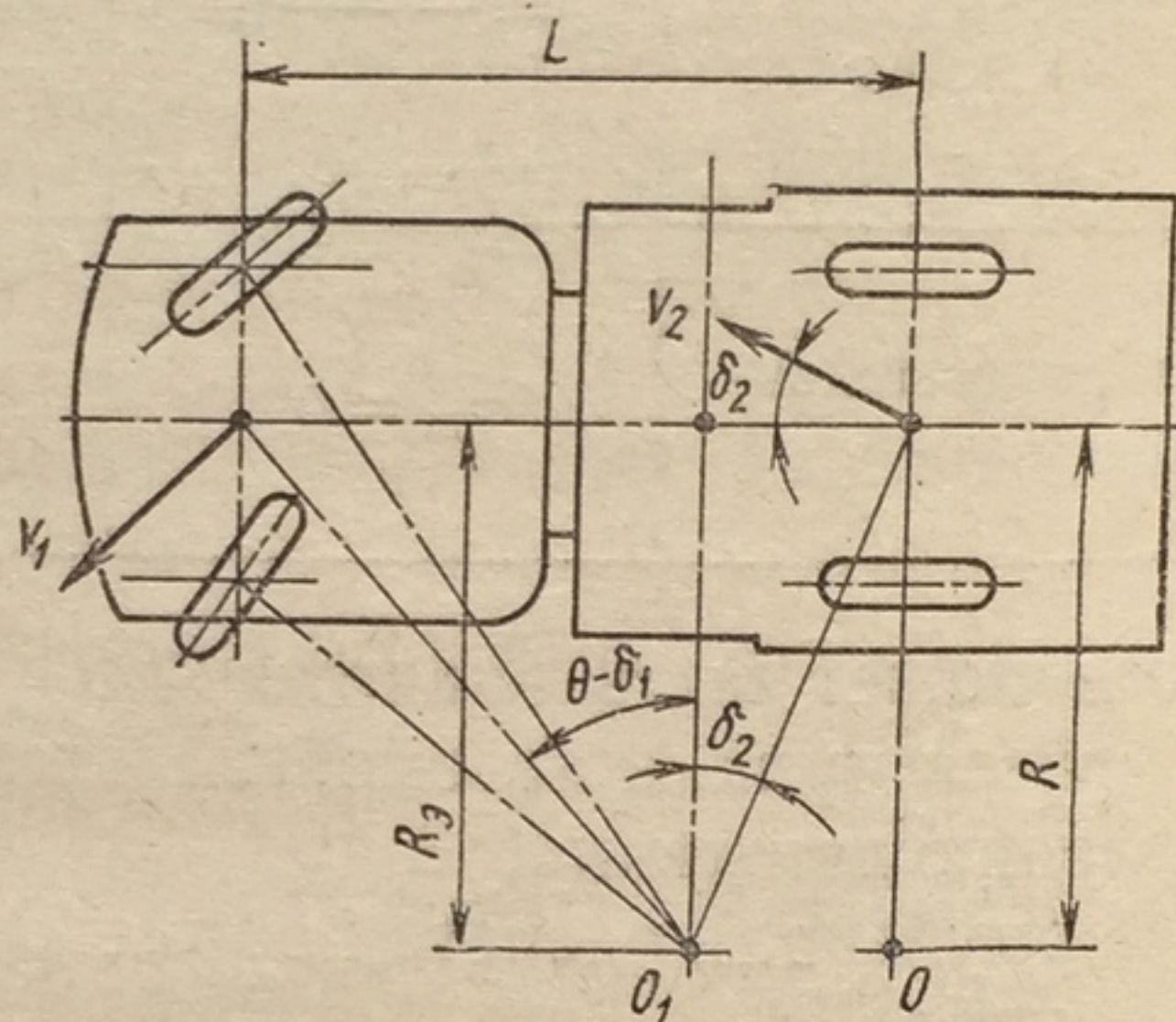


Рис. 29. Схема движения автомобиля с эластичными шинами

тывающий влияние угла  $\delta$  и характера опорной поверхности;  $k_{ув \max}$  — максимальный коэффициент сопротивления уводу при изменении вертикальной нагрузки и малых величинах  $\delta$ .

Экспериментальные зависимости угла  $\delta$  от  $P_y$  для некоторых шин показаны на рис. 28. Эти зависимости имеют сложный характер, однако при малых углах увода их можно приближенно считать линейными, а коэффициент  $k_{ув}$  постоянным.

При наличии увода центр поворота автомобиля находится не в точке  $O$ , как у автомобиля с жесткими шинами (рис. 29), а в точке  $O_1$ , т. е. в месте пересечения перпендикуляров к векторам скоростей  $v_1$  и  $v_2$ .

В соответствии с рис. 29 можно написать

$$L = R_o \operatorname{tg} (\theta - \delta_1) + R_o \operatorname{tg} \delta_2,$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  — углы увода переднего и заднего мостов.

Так как углы  $\theta$ ,  $\delta_1$  и  $\delta_2$  обычно невелики, то радиус

$$R_o = L / [\operatorname{tg} (\theta - \delta_1) + \operatorname{tg} \delta_2] \approx L / (\theta - \delta_1 + \delta_2). \quad (75).$$

Для автомобиля с жесткими шинами  $\delta_1 = \delta_2 = 0$  и для радиуса получаем формулу (58).

Таким образом, траектория движения автомобиля зависит только от углов увода и других факторов. При криволинейном движении углы увода  $\delta_1$  и  $\delta_2$  называются углами увода. В формуле (75)  $R_o = R$ , где  $R$  — радиус кривизны траектории.

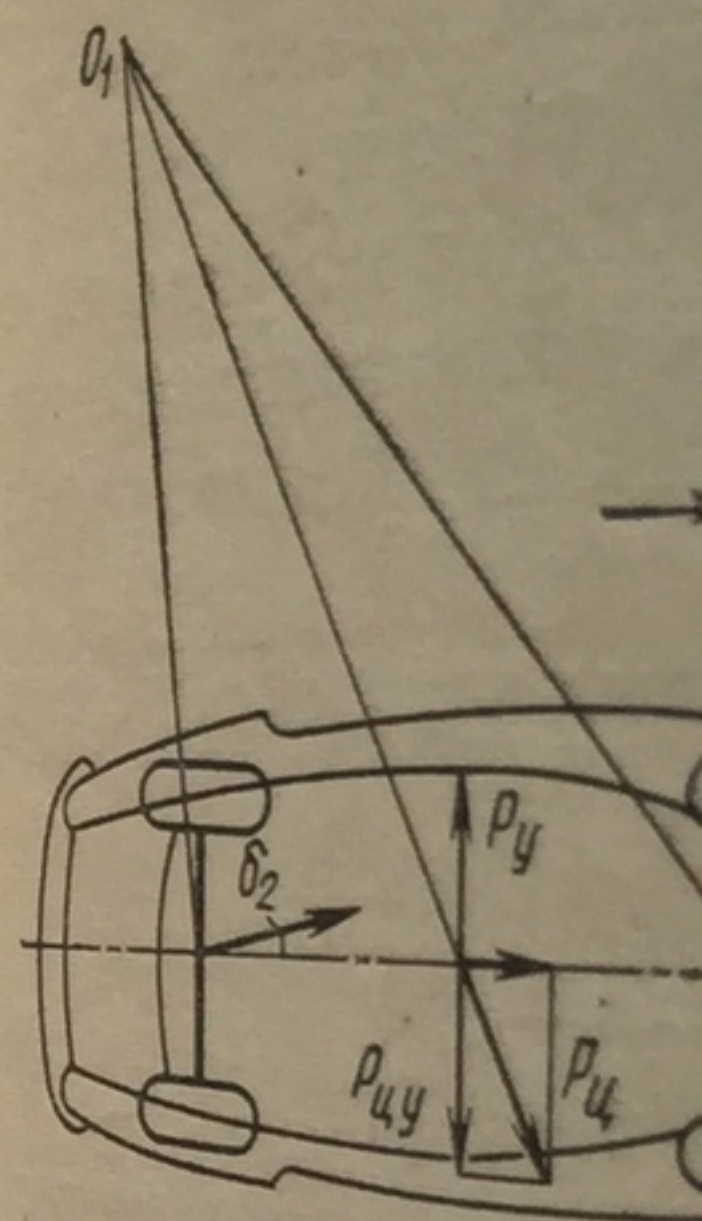


Рис. 30. Схемы движения

а — с кими шинами не совпадают. В этих случаях нейтральная линия движения поворачивается, а задний мост поворачивается в противоположную сторону. Если  $\delta_1 > \delta_2$ , то  $R_o > R$ , и автомобиль поворачивается вправо, а задний мост поворачивается влево. Если  $\delta_2 > \delta_1$ , то  $R_o < R$ , и автомобиль поворачивается влево, а задний мост поворачивается вправо.

Если  $\delta_1 = \delta_2$ , то  $R_o = R$ , и автомобиль движется по прямой. В этом случае нейтральная линия движения совпадает с осью автомобиля. Если  $\delta_1 \neq \delta_2$ , то  $R_o \neq R$ , и автомобиль поворачивается. В этом случае нейтральная линия движения смещается в сторону, противоположную направлению поворота.



Таким образом, траектория движения автомобиля с жесткими шинами зависит только от угла  $\theta$ . У автомобиля с эластичными шинами на нее влияют углы увода, которые в свою очередь зависят от  $\theta$ ,  $v$  и других факторов. При наличии увода автомобиль может двигаться криволинейно, даже при  $\theta = 0$ . Кривизна траектории зависит от соотношения углов  $\delta_1$  и  $\delta_2$ . Если  $\delta_1 = \delta_2$ , то шинную поворачиваемость автомобиля называют *нейтральной*. Хотя при этом согласно формуле (75)  $R_a = R$ , но траектория движения автомобиля с жест-

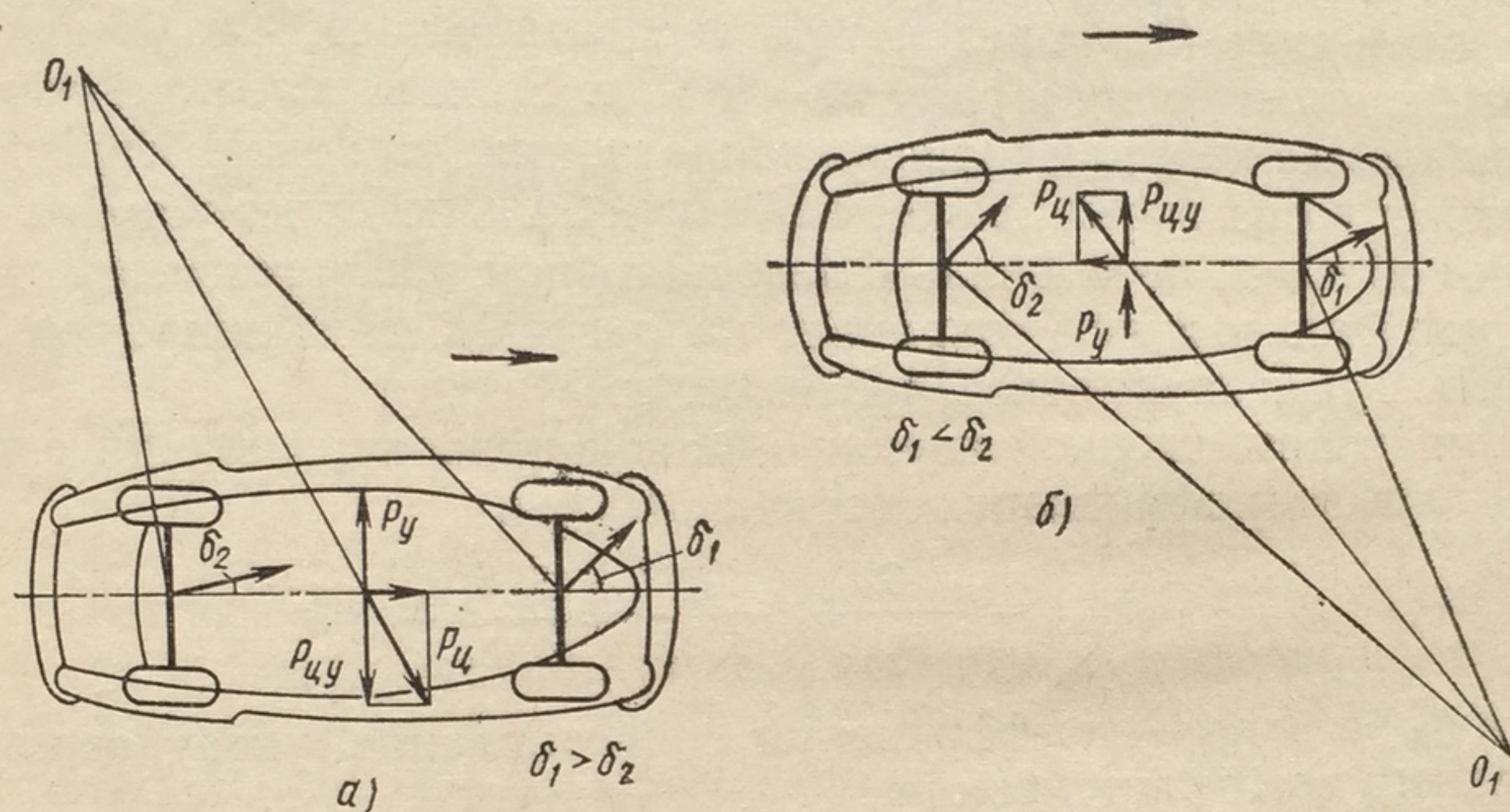


Рис. 30. Схемы движения автомобиля с различной шинной поворачиваемостью:  
а — с недостаточной; б — с излишней

кими шинами не совпадает с траекторией движения автомобиля, имеющего нейтральную поворачиваемость, так как центры поворота в этих случаях занимают различные положения.

В случае действия поперечной силы на автомобиль, имеющий жесткие шины, он сохраняет прежнее направление движения, пока эта сила по величине не станет равной силе сцепления. Автомобиль, имеющий нейтральную шинную поворачиваемость, под действием поперечной силы движется под углом  $\delta_{ув}$  к прежнему направлению движения.

Если  $\delta_1 > \delta_2$ , то  $R_a > R$ , и для движения автомобиля с эластичными шинами по кривой радиусом  $R_a$  управляемые колеса нужно повернуть на больший угол, чем при жестких шинах. В этом случае шинную поворачиваемость автомобиля называют *недостаточной*. Под действием поперечной силы  $P_y$  (рис. 30, а) при прямолинейном движении передняя ось автомобиля с недостаточной поворачиваемостью в результате увода движется под углом  $\delta_1$  к прежнему направлению движения, а задний мост — под углом  $\delta_2$ . Автомобиль поворачивается вокруг центра  $O_1$ , вследствие чего возникает центробежная сила  $P_{ц}$ , поперечная составляющая  $P_{цу}$  которой направлена в сторону, противоположную силе  $P_y$ , что уменьшает результирующую поперечную силу и увод колес. Следовательно, автомобиль



с недостаточной шинной поворачиваемостью устойчиво сохраняет прямолинейное направление движения.

Если угол  $\delta_1 < \delta_2$ , то  $R_0 < R$ , и для движения автомобиля с эластичными шинами по кривой радиусом  $R$  управляемые колеса нужно повернуть на меньший угол, чем при жестких шинах. В этом случае шинную поворачиваемость автомобиля называют *излишней*. Если на автомобиль с излишней поворачиваемостью действует центробежная сила  $P_{ц}$ , то он тоже движется криволинейно (рис. 30, б). Однако составляющая  $P_{цy}$  в этом случае направлена в ту же сторону, что и сила  $P_y$ . В результате увод возрастает, что увеличивает кривизну траектории и силу  $P_{цy}$  и т. д. Если водитель не повернет управляемые колеса в нужном направлении, то центробежная сила  $P_{ц}$  может возрасти настолько, что автомобиль потеряет устойчивость. Таким образом, автомобиль с недостаточной поворачиваемостью более устойчив и лучше сохраняет направление движения, чем автомобиль с излишней поворачиваемостью.

Для количественной оценки шинной поворачиваемости автомобиля служит коэффициент поворачиваемости

$$\eta_{пов} = \frac{G_2}{k_{ув2}} : \frac{G_1}{k_{ув1}} = \frac{G_2 k_{ув1}}{G_1 k_{ув2}},$$

где  $k_{ув1}$  и  $k_{ув2}$  — коэффициенты сопротивления уводу переднего и заднего мостов автомобиля.

При излишней шинной поворачиваемости автомобиля  $\eta_{пов} > 1$ , при нейтральной  $\eta_{пов} = 1$ , а при недостаточной  $\eta_{пов} < 1$ . Значения  $\eta_{пов}$  для некоторых отечественных автомобилей приведены в табл. 15, свидетельствующей о том, что большинство автомобилей имеют недостаточную шинную поворачиваемость в ненагруженном состоянии. При полной нагрузке, напротив, автомобили имеют излишнюю поворачиваемость. Показатель  $\eta_{пов}$  является приближенным, так как в процессе движения автомобиля коэффициент  $k_{ув}$  меняется в широких пределах.

15. Коэффициенты шинной поворачиваемости  $\eta_{пов}$

Автомобиль	Без нагрузки	С полной нагрузкой	Автомобиль	Без нагрузки	С полной нагрузкой
ЗАЗ-968А «Запорожец»	1,36	1,15	ГАЗ-13 «Чайка»	0,85	1,08
ВАЗ-2103 «Жигули»	0,84	1,10	ЗИЛ-117	0,96	1,10
«Москвич-2140»	0,87	1,17	УАЗ-451ДМ	0,78	1,38
ГАЗ-24 «Волга»	0,89	1,10	ГАЗ-53А	0,61	1,26
			ЗИЛ-130	0,51	1,35
			МАЗ-500А	0,43	1,04

Креновая поворачиваемость автомобиля связана с конструкцией его подвески.

На рис. 31 показан задний мост с рессорной подвеской автомобиля, который совершает правый поворот. Передние концы рессор сое-

динены с кузовом, а задние — с серьгами. При повороте задний мост поворачивается на дуге  $mm$ , при этом кузов автомобиля остается неподвижным. Под действием центробежной силы  $P_{ц}$  кузов автомобиля перемещается, вызывая нагрузку на рессоры. Левая рессора перемещает задний мост вправо (кузов А), а правая — влево (кузов В). В результате кузов автомобиля поворачивается вправо, что приводит к крену автомобиля вправо, как показано на рисунке. Если углы поворота кузова и заднего моста будут равны, то автомобиль будет двигаться прямолинейно.

Если углы поворота кузова и заднего моста будут разными, то автомобиль будет двигаться криволинейно. Так, при повороте заднего моста вправо (кузов А) кузов автомобиля будет поворачиваться влево, что приведет к крену автомобиля влево. Возникающая поперечная сила  $P_y$  будет направлена вправо, что приведет к крену автомобиля вправо. Таким образом, кузов автомобиля будет поворачиваться вправо, что приведет к крену автомобиля вправо.

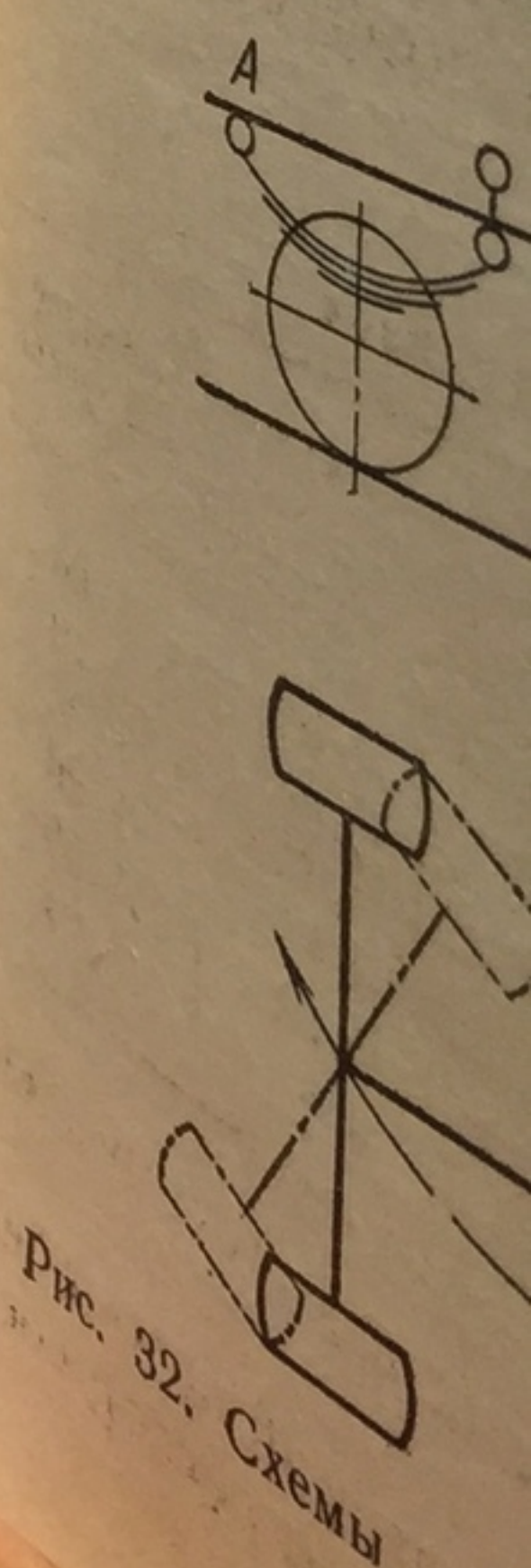


Рис. 32. Схемы



динены с кузовом простым шарниром, а задние — с помощью серьги. При прогибах рессоры задний мост перемещается по дуге  $mt$ , причем ось его качания расположена около шарнира. Под действием поперечной силы  $P_{кy}$  кузов автомобиля наклоняется, вызывая сжатие левых рессор и распрямление правых. Левая рессора, сжимаясь, перемещает задний мост назад (в точку  $A$ ), а правая, распрямляясь, перемещает его вперед (в точку  $B$ ). В результате задний мост поворачивается в горизонтальной плоскости, как показано штриховой линией.

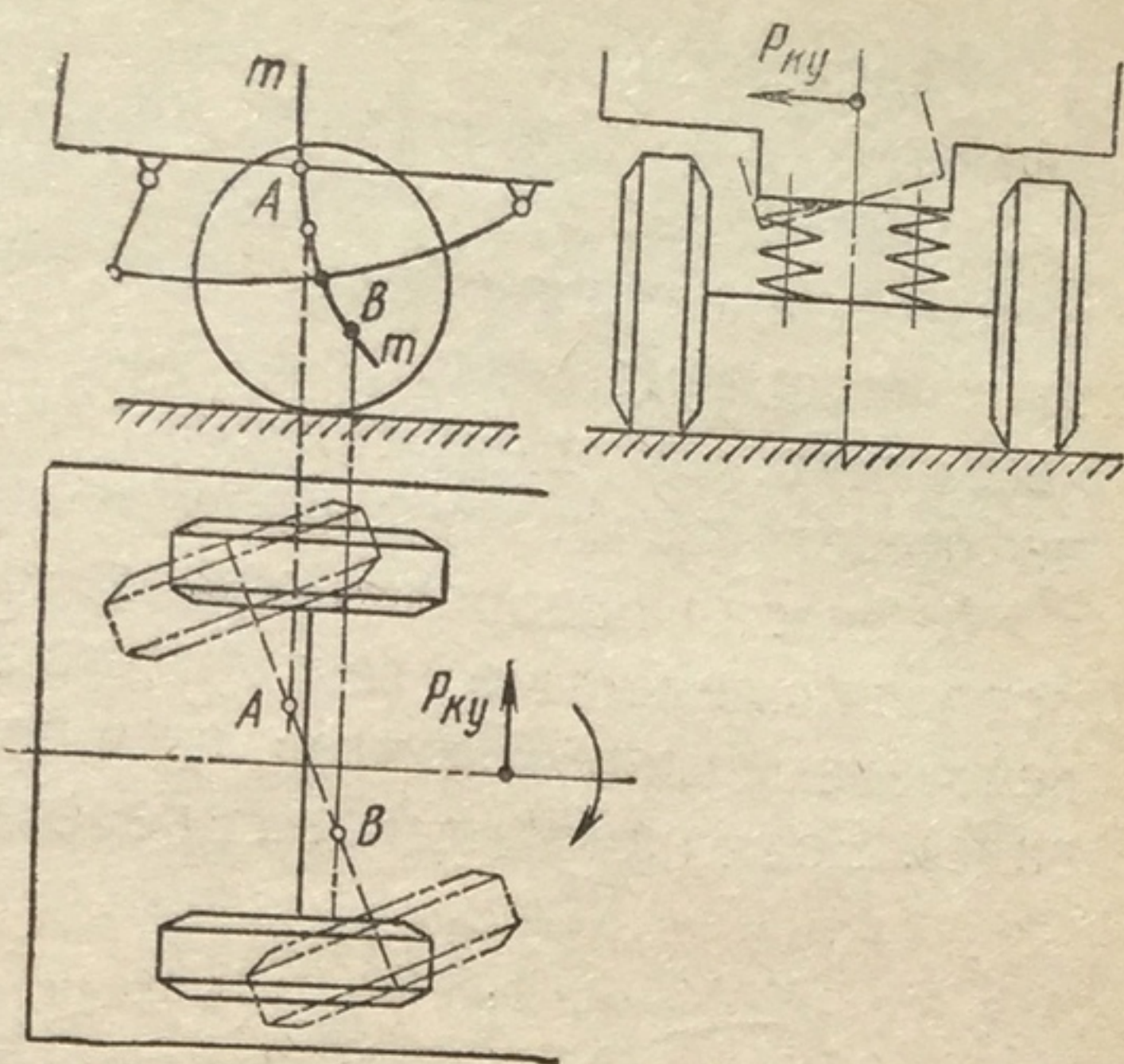


Рис. 31. Поворот заднего моста при крене кузова

Если углы поворота переднего и заднего мостов не одинаковы по величине или направлению, то автомобиль вследствие крена поворачивается, хотя передние колеса остаются в нейтральном положении. Так, при действии одной и той же возмущающей силы  $P_y$  автомобиль  $A$  (рис. 32) повернется вправо, а автомобиль  $B$  — влево. Возникающая при повороте центробежная сила  $P_{ц}$  у автомобиля  $A$  направлена в противоположную сторону по сравнению с возмущающей силой  $P_y$ , а у автомобиля  $B$  в ту же сторону. Поэтому автомобиль  $A$  лучше сохраняет направление движения под действием поперечных возмущающих сил. По аналогии с шинной поворачиваемостью можно сказать, что автомобиль  $A$  имеет недостаточную, а автомобиль  $B$  излишнюю креновую поворачиваемость.

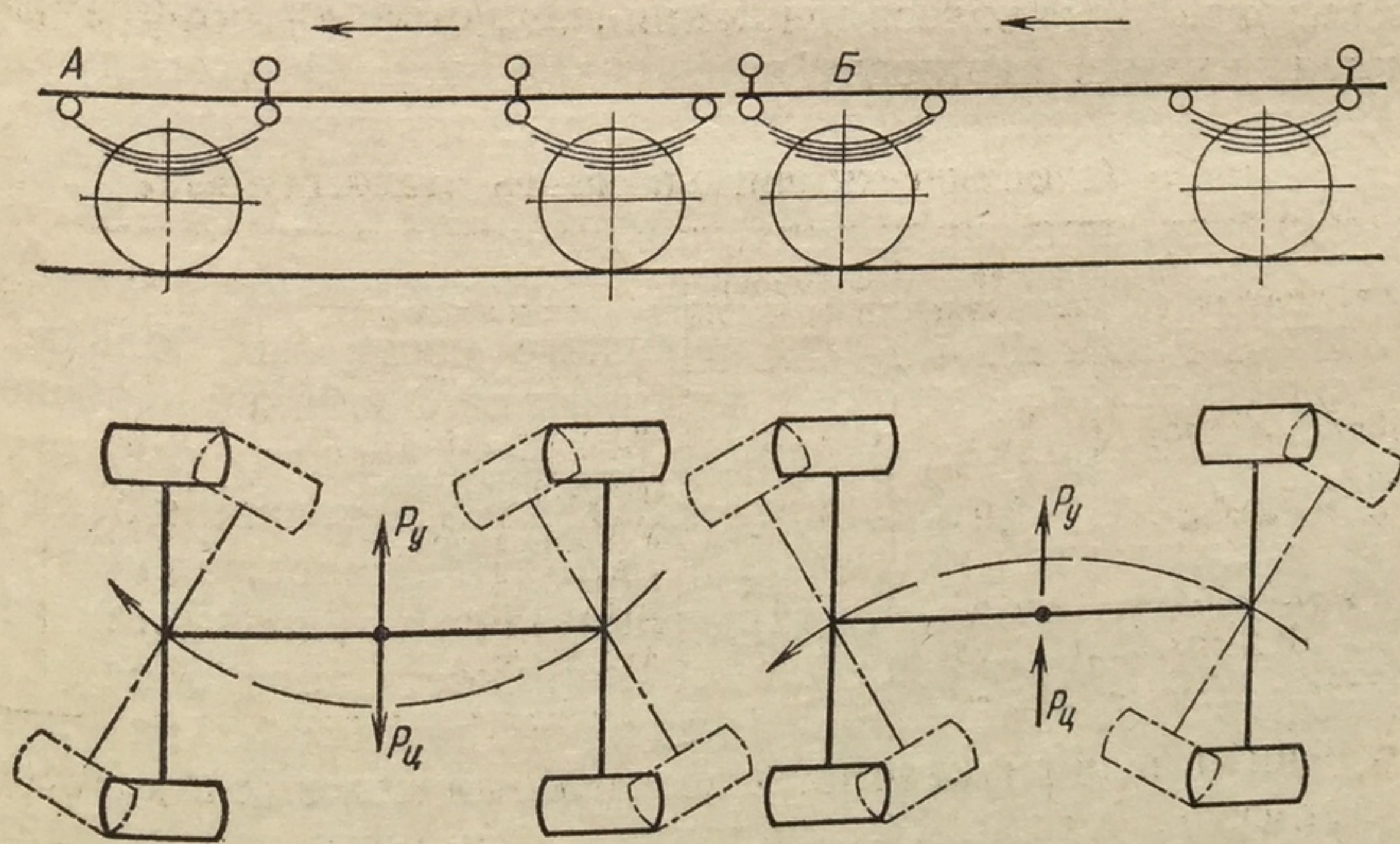


Рис. 32. Схемы движения автомобилей с зависимой рессорной подвеской, имеющих различную креновую поворачиваемость



У автомобиля с излишней креновой поворачиваемостью, на который действует поперечная сила, кривизна траектории непрерывно увеличивается. Это приводит к росту центробежной силы и дальнейшему уменьшению радиуса поворота. Однако максимальное значение угла поперечного крена обычно ограничено упорами, предусмотренными в конструкции подвески. Поэтому креновая поворачиваемость не может увеличиваться беспредельно.

Креновая поворачиваемость автомобиля тесно связана с шинной поворачиваемостью, так как увод колеса возникает не только под действием сил и моментов, но и при наклоне колеса к вертикали (развале). Если направление поперечной силы совпадает с направлением

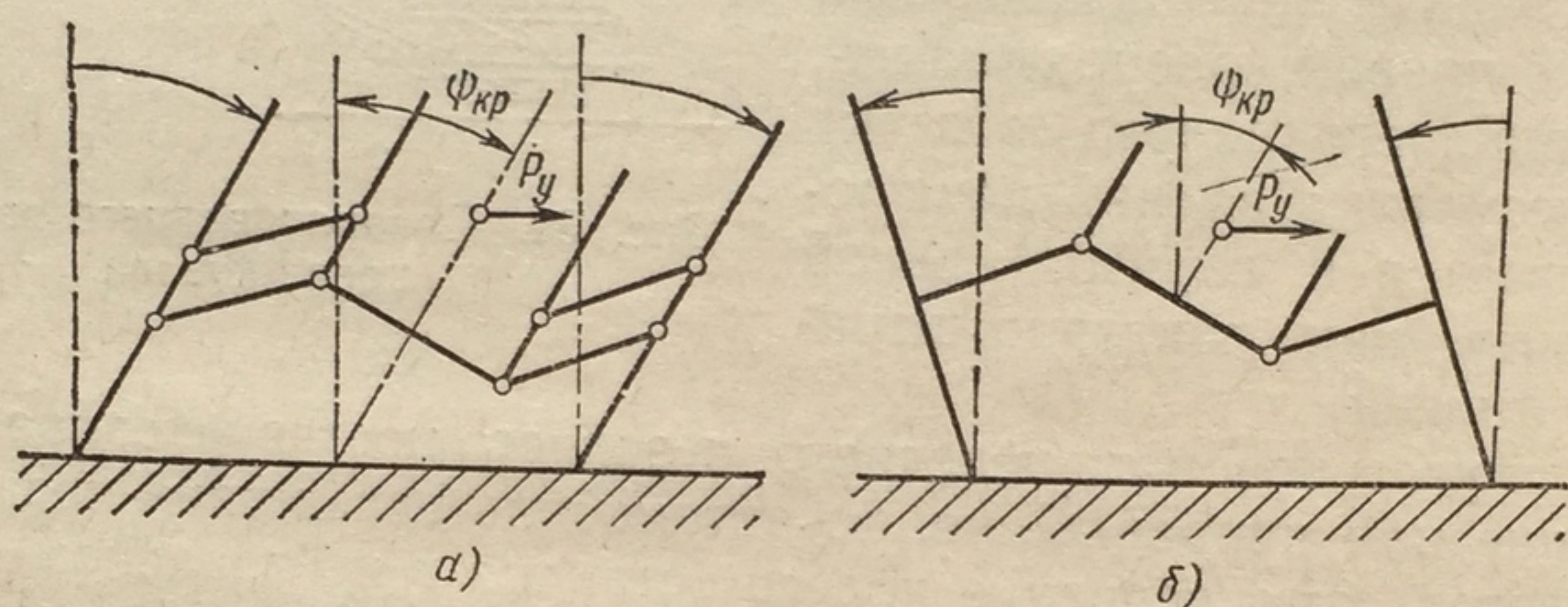


Рис. 33. Схемы движения автомобилей с независимой рычажной подвеской, имеющих различную креновую поворачиваемость

развала колеса, то увод возрастает. Развал колеса, равный  $1^\circ$ , вызывает увод на угол  $10-20'$ . У автомобилей с независимой подвеской колес на поперечных рычагах крен кузова вызывает изменение развала колеса. При двухрычажной подвеске (рис. 33, а) колеса наклоняются в сторону крена кузова в направлении действия поперечной силы  $P_y$ , что увеличивает угол увода моста. При однорычажной подвеске (рис. 33, б) колеса наклоняются в сторону, противоположную крену кузова, навстречу поперечной силе. В этом случае угол увода моста уменьшается. Таким образом, в зависимости от конструкции подвески, креновая поворачиваемость может либо усиливать, либо ослаблять влияние шинной поворачиваемости.

Для обеспечения недостаточной поворачиваемости автомобиля необходимо, чтобы угол увода переднего моста был больше угла увода заднего моста. Поэтому у легковых автомобилей наиболее распространена передняя независимая подвеска на двух рычагах. Заднюю подвеску выполняют зависимой или же независимой на одном поперечном рычаге. Никогда не применяют однорычажную подвеску для переднего моста и двухрычажную для заднего, так как это приводит к резкому ухудшению управляемости автомобиля.

Вследствие большого числа факторов, влияющих на управляемость, фактическая траектория автомобиля может существенно отличаться от расчетной. Так, например, при смене полосы движения расстояние  $x_m$ , необходимое для смещения автомобиля в поперечном направлении на величину  $y_m$ , больше, чем определенное по формуле,

приведенной в  
ных значений з  
рогой и других  
факторов трудо  
ля определяющ  
применяя попр  
вает, во сколько  
ного:

Коэффициент  
дл  
дл  
дл

Выше была  
ную скорость  $v_{ср}$   
колес. Эту скоро  
мости. Если дей  
ческую, то, как  
автомобиль части  
рости водитель  
радиуса кривой.  
ном положении п  
растает вследствие  
Критическая скор  
при снижении коэ  
мости наиболее ве  
и скользким пок  
Автомобиль м  
увода шин. Чтоб  
(75) угол поворо

Углы увода  $\delta_1$   
и  $P_{y2}$ , которые в  
рости:

где  $k_{ув1}$  и  $k_{ув2}$  —  
венно переднего  
отнесенные соответ  
При повышении  
тают. При этом у  
стью угол  $\delta_2$  увели  
вая часть выражени  
емой критической с  
скорости автомоби



приведенной в табл. 14. Расхождение расчетных и экспериментальных значений зависит от скорости автомобиля, сцепления шин с дорогой и других причин. Поскольку расчет траектории с учетом всех факторов трудоемок, то в практике поперечное смещение автомобиля определяют, считая шины жесткими, а расстояние  $x_m$  уточняют, применяя поправочный коэффициент  $k_m$ . Этот коэффициент показывает, во сколько раз фактический путь маневра  $x_\phi$  больше расчетного:

$$k_m = x_\phi / x_m > 1.$$

Коэффициент маневра определяют по эмпирическим формулам:

для сухого асфальтобетона	$k_m = 1,12 + 0,005 v$
для мокрого »	$k_m = 1,05 + 0,005 v$
для гололеда »	$k_m = 1,0 + 0,0035 v$

Выше была получена формула (69), определяющая максимальную скорость  $v_{ск}$  автомобиля без поперечного скольжения передних колес. Эту скорость называют *критической* по условиям управляемости. Если действительная скорость автомобиля превысит критическую, то, как установлено выше, заноса не произойдет, однако автомобиль частично утратит управляемость. При постоянной скорости водитель поворотом рулевого колеса не сможет уменьшить радиуса кривой. При увеличении скорости автомобиля и неизменном положении передних колес радиус кривой автоматически возрастает вследствие поперечного проскальзывания шин по дороге. Критическая скорость автомобиля по управляемости уменьшается при снижении коэффициента сцепления. Поэтому потеря управляемости наиболее вероятна в случае движения автомобиля по мокрым и скользким покрытиям.

Автомобиль может также утратить управляемость вследствие увода шин. Чтобы объяснить это положение, определим из формулы (75) угол поворота управляемых колес (в рад):

$$\theta = (L/R_\phi) - (\delta_2 - \delta_1). \quad (76)$$

Углы увода  $\delta_1$  и  $\delta_2$  пропорциональны поперечным силам  $P_{y1}$  и  $P_{y2}$ , которые в свою очередь пропорциональны квадрату скорости:

$$\delta_1 = P_{y1} / k_{yv1} = M_1 v^2 / (R_\phi k_{yv1}); \quad (77)$$

$$\delta_2 = P_{y2} / k_{yv2} = M_2 v^2 / (R_\phi k_{yv2}), \quad (78)$$

где  $k_{yv1}$  и  $k_{yv2}$  — коэффициенты сопротивления уводу соответственно переднего и заднего мостов, Н/рад;  $M_1$  и  $M_2$  — массы, отнесенные соответственно к переднему и заднему мостам, кг.

При повышении скорости автомобиля углы увода также возрастают. При этом у автомобиля с излишней шинной поворачиваемостью угол  $\delta_2$  увеличивается быстрее угла  $\delta_1$ . Вследствие этого правая часть выражения (77) уменьшается и при некоторой так называемой *критической скорости*  $v_{ув}$  оказывается равной нулю. При этой скорости автомобиль начинает двигаться криволинейно, хотя его



управляемые колеса находятся в нейтральном положении. Если скорость автомобиля больше  $v_{ув}$ , то разность  $(\delta_2 - \delta_1) > L/R_a$ , и угол  $\theta$  становится отрицательным. Это означает, что для поворота автомобиля вправо передние колеса нужно повернуть влево. Следовательно, автомобиль с излишней шинной поворачиваемостью теряет управляемость, если его скорость больше критической  $v_{ув}$ .

Для определения критической скорости, приняв угол  $\theta = 0$ , подставим в формулу (76) разность углов  $\delta_2$  и  $\delta_1$ , полученную из выражений (77) и (78), тогда

$$\delta_2 - \delta_1 = \left( \frac{M_2}{k_{ув2}} - \frac{M_1}{k_{ув1}} \right) \frac{v^2}{R_a} = \frac{L}{R_a}.$$

Следовательно, критическая скорость по условиям увода

$$v_{ув} = \sqrt{\frac{L}{(M_2/k_{ув2}) - (M_1/k_{ув1})}}.$$

У автомобиля с недостаточной или нейтральной шинной поворачиваемостью критическая скорость отсутствует, так как при  $\delta_1 = \delta_2$  подкоренное выражение отрицательно и скорость  $v_{ув}$  является мнимой величиной, а при  $\delta_1 = \delta_2$  она равна бесконечности.

Чтобы обеспечить недостаточную шинную поворачиваемость автомобиля, несколько уменьшают давление воздуха в шинах передних колес по сравнению с давлением в шинах задних колес и тем самым снижают коэффициент  $\eta_{пов}$ . Кроме того, центр тяжести автомобиля немного смещают в сторону переднего моста, что увеличивает часть центробежной силы, действующую на управляемые колеса.

## § 9. ПЛАВНОСТЬ ХОДА АВТОМОБИЛЯ

### 1. ЗНАЧЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Плавностью хода называют свойство автомобиля двигаться по неровным дорогам без больших колебаний поддрессоренных масс (кузова). Основным источником колебаний являются неровности дорожного покрытия. Динамические нагрузки, сопровождающие колебания, приводят к поломкам деталей автомобиля и ускоренному изнашиванию трущихся поверхностей. При колебаниях повышается сопротивление движению, вследствие увеличения потерь энергии на трение в элементах ходовой части автомобиля возрастает расход топлива. На неровных дорогах водитель вынужден снижать скорость, вследствие чего падает производительность подвижного состава.

Ухудшение безопасности движения при больших колебаниях автомобиля связано с повышенным утомлением водителя и возможностью отрыва колес от дороги.



Колебания характеризуются амплитудой, частотой, скоростью, ускорением. Наибольшее применение для оценки плавности хода получили частота собственных колебаний и ускорение, которые удалось непосредственно связать с ощущениями человека. Организм человека привык к вертикальным перемещениям при спокойной ходьбе и хорошо приспособлен к частотам 1,7—2,5 Гц. Длительные вынужденные колебания с частотой до 3—5 Гц и значительной амплитудой могут вызвать морскую болезнь вследствие периодического смещения крови в сосудах. При частоте 5—11 Гц наблюдаются расстройства, вызванные возбуждением вестибулярного аппарата, а также резонансными колебаниями отдельных органов (желудка, кишечника, печени) и тела в целом. Колебания с частотой 11—45 Гц вызывают тошноту, рвоту. Ухудшается зрение в связи с колебанием глазных яблок. Сильные колебания с частотой свыше 45 Гц могут привести к серьезному заболеванию — вибрационной болезни. Вибрационная чувствительность человека находится в пределах 15—1500 Гц. При колебаниях с низкой частотой (15—18 Гц) организм различает отдельные циклы. Колебания с более высокой частотой (вибрации) воспринимаются слитно.

Ускорения вызывают кратковременные увеличения нагрузок и раздражения вестибулярного аппарата, работа которого связана с многими функциями организма. Пороговые значения линейных ускорений, воспринимаемые вестибулярным аппаратом, невелики (около 0,1 м/с<sup>2</sup>) и в несколько раз меньше фактических, испытываемых людьми при движении автомобиля.

Восприятие колебаний сопровождается напряжением мышц торса. У сидящего человека колебания передаются на позвоночник, вызывая его деформацию. Для водителей, имеющих большой стаж работы на автомобиле, характерны пояснично-седалищные боли (ишиас). Так, у водителей грузовых автомобилей, работавших в средних дорожных условиях, ишиас наблюдался в 3 раза чаще, а у работавших в плохих дорожных условиях, в 5 раз чаще, чем у водителей легковых автомобилей. Колебания вредно отзываются и на внутренних органах человека, не имеющих твердой опоры и подверженных перемещениям при толчках.

Для психофизиологической деятельности водителя, управляющего автомобилем, характерны повышенные требования к оперативному мышлению, постоянная готовность к экстренным действиям, высокая персональная ответственность. Длительные колебания даже небольшой интенсивности приводят к снижению работоспособности — утомлению. Под влиянием утомления уменьшается прежде всего готовность водителя к немедленному экстренному действию — бдительность. Утомленный водитель, наблюдая дорожную ситуацию, представляет ее себе упрощенно, упускает существенные детали. Прогнозирует развитие дорожной ситуации водитель также упрощенно, уменьшая число ожидаемых событий. Если на дороге сложится ситуация, не предусмотренная водителем, возможно происшествие. При утомлении ухудшается и моторная деятельность водите-



ля, его движения становятся медленными, вялыми, возрастает число ошибочных и пропущенных действий. Согласно международному стандарту, регламентирующему оценку воздействия вибрации самоходных машин, средств транспорта и оборудования на человека, установлены предельные значения среднего квадратического ускорений. Эти значения нормированы в зависимости от направления и продолжительности действия ускорений для трех ступеней: предела воздействия, порога снижения производительности труда, порога снижения комфорта.

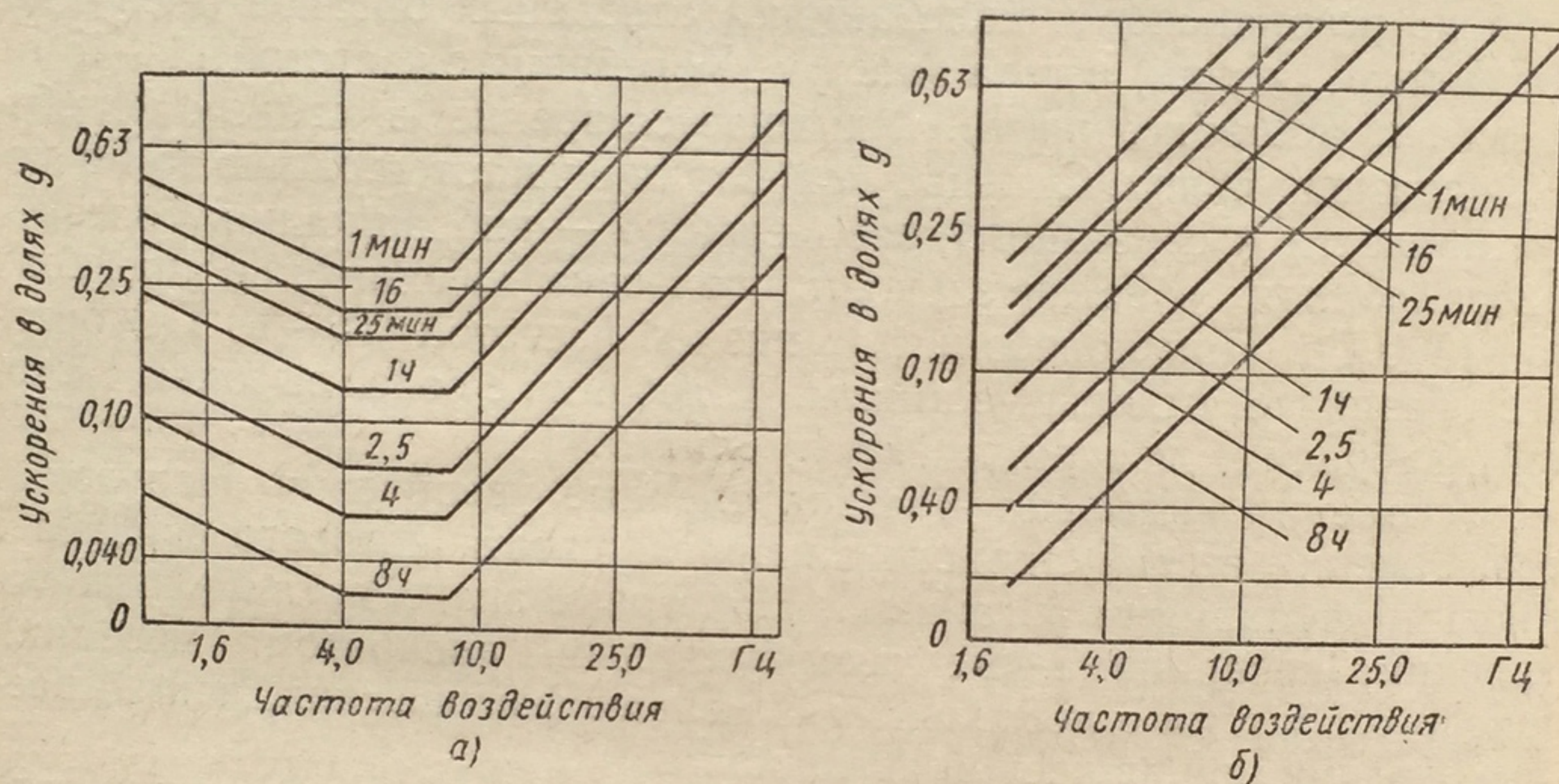


Рис. 34. Зависимости ускорений от частоты и продолжительности воздействия:  
а — вертикальные ускорения; б — горизонтальные ускорения

На рис. 34 показаны кривые ускорений, соответствующие порогу снижения производительности труда при различной частоте и продолжительности воздействия (от 1 мин до 8 ч). Для определения предела воздействия указанные значения увеличивают вдвое, а для определения нижней границы комфорта уменьшают в 3,15 раза. Наиболее чувствительны для человека частоты в диапазоне 4—8 Гц, при которых ощущения соответствуют ускорениям. Такие же ощущения для других частот соответствуют большим ускорениям при меньшей продолжительности колебаний.

Для защиты водителя и пассажиров от вредных воздействий колебаний улучшают характеристики сидений. Сиденье делают отдельным от спинки. Подушки сидений обычно имеют жесткость 80—120 Н/см у легковых автомобилей и 150—200 Н/см у грузовых автомобилей и автобусов. В целях поглощения вибраций, шума и уменьшения давления тела человека на подушку в верхней ее части устраивают матрац из ваты, губчатой резины, поролон. Для гашения колебаний человека на подушке в сплошном (фанерном) днище сиденья делают небольшие отверстия. Воздух, проходя через отверс-



тия при перемещениях человека, создает дополнительное сопротивление, что позволяет быстрее гасить колебания.

Частота собственных колебаний пассажира на сиденье находится в пределах 2,0—3,0 Гц, а при особенно комфортабельных сиденьях снижается до 1,0—1,5 Гц. При мягкой подвеске автомобиля сиденья делают сравнительно жесткими. У автомобилей с жесткой подвеской, напротив, применяют мягкие сиденья.

## 2. ОТРЫВ КОЛЕС ОТ ДОРОГИ

Воздействие дороги на автомобиль зависит от формы неровностей, их размеров и чередования. В зависимости от длины различают импульсные неровности (длиной до 0,3 м), выбоины (длиной 0,3—6,0 м), ухабы (длиной 6—25 м) и уклоны (длиной более 25 м). В зависимости от высоты неровности делят на шероховатости (высота до 1 см), впадины и выступы (высота до 30 см) и препятствия-выбоины (глубже 30 см), канавы, рвы, пороги.

Распределение неровностей по дороге, их форма и размеры носят случайный характер, вследствие этого и колебания автомобиля носят такой же характер. Однако среди хаотически распределенных неровностей часто удается выделить участки с периодически повторяющимися неровностями — волнами. На асфальтобетонном покрытии размеры волн зависят от интенсивности движения и состава транспортного потока. Для городских дорог длина волны составляет 3—5 м, для загородных достигает 8 м. На дорогах с интенсивным движением волны могут образоваться через 1—2 года после укладки покрытия. При движении автомобиля по таким участкам возможно совпадение частот собственных и вынужденных колебаний — резонанс и, как следствие, отрыв колеса от дороги.

Колеса могут оторваться от дороги также при проезде автомобилем единичной неровности (рис. 35). В момент отрыва жесткого колеса от горизонтальной поверхности на него в месте контакта с неровностью действует реакция дороги  $R_d$ , проходящая через центр колеса. Эту силу можно представить в виде равнодействующей двух сил: касательной силы  $R_x$  и вертикальной  $R_z$ . Касательная реакция является результатом воздействия на неровность силы тяги ведущих колес и горизонтальной силы инерции, возникающей вследствие замедления автомобиля. При наезде автомобиля с небольшой скоростью на неровность силы инерции невелики и вертикальная составляющая  $R_z$  незначительна. При наезде автомобиля с большой ско-

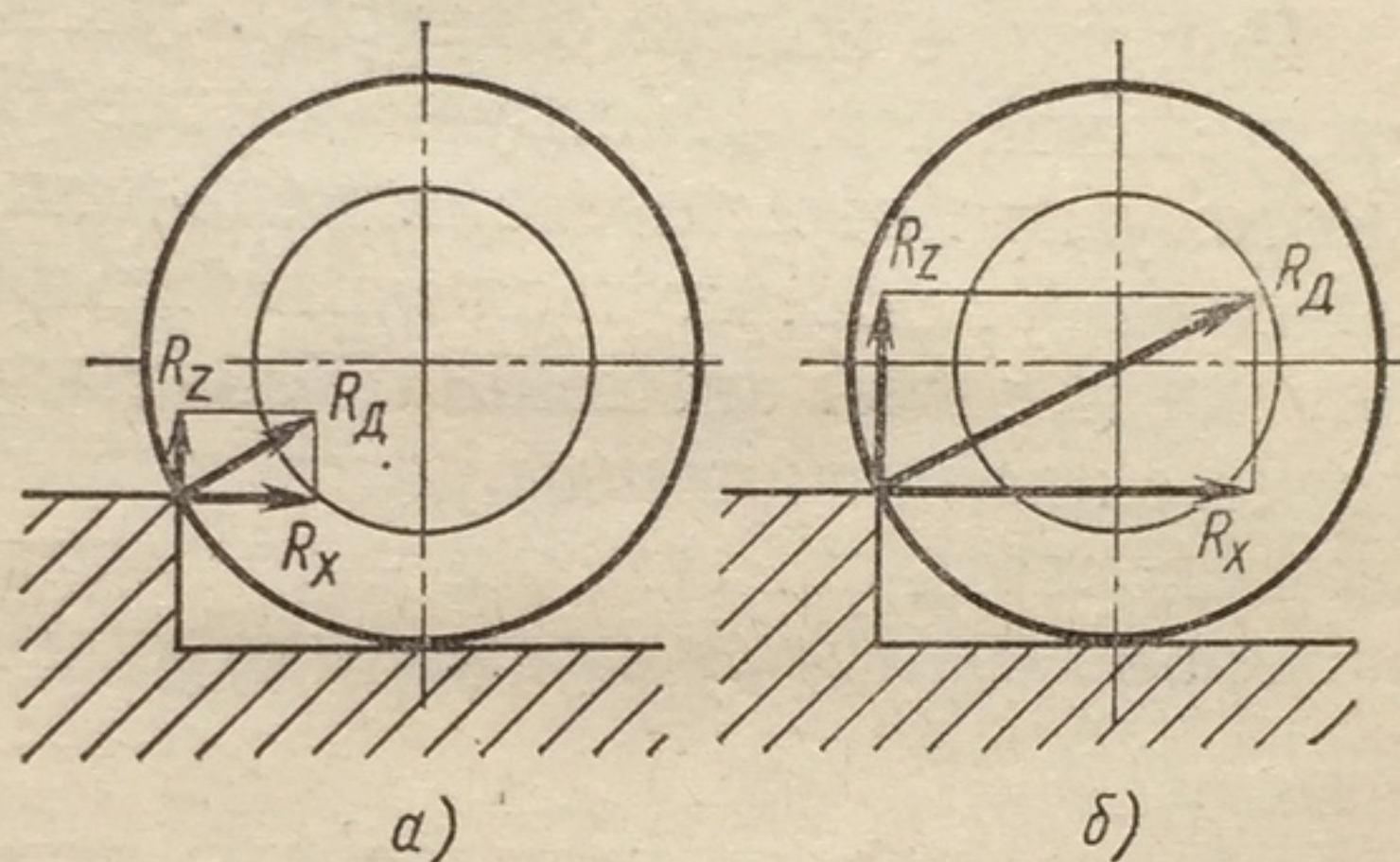


Рис. 35. Наезд колеса на неровность:  
а — при небольшой скорости; б — при большой скорости



ростью на неровность замедления достигают больших значений и вертикальная реакция превосходит силу тяжести, приходящуюся на передний мост. Колесо отрывается от дороги, а большие продольные силы создают момент, вызывающий «клевок» автомобиля вперед. В результате «клевка» пассажиры наклоняются вперед и при отсутствии ремней безопасности могут удариться о ветровое стекло, щиток приборов и другие детали.

Удары о неровности смягчаются благодаря шинам, которые обладают способностью поглощать при деформации колебания, вызванные мелкими неровностями, сглаживать толчки от выступов. Поэтому неровности дорог, длина которых меньше длины зоны контакта шины, а высота меньше ее статического прогиба, практически не влияют на колебания автомобиля.

При ударе колеса о неровность на него помимо вертикальной и касательной сил действуют также большие поперечные нагрузки. Поэтому при отрыве обоих передних колес от дороги они одновременно могут повернуться на некоторый угол незаметно для водителя; когда затем автомобиль опустится, то передние колеса будут катиться под некоторым углом к прежнему направлению. При большой скорости автомобиля через короткий промежуток времени возможен выход его за пределы дороги и, как следствие, тяжелая авария.

## § 10. ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ, УПРАВЛЯЕМОСТЬ И ПЛАВНОСТЬ ХОДА

На устойчивость, управляемость и плавность хода прежде всего влияет техническое состояние ходовой части и органов управления автомобиля. Так, по мере изнашивания и уменьшения высоты выступов протектора шин падает коэффициент сцепления. На сухих дорогах с твердым покрытием коэффициент сцепления у шин с полностью изношенным протектором в 1,5—2 раза меньше, чем у новых. Особенно заметно уменьшение  $\varphi$  при движении автомобиля по мокрому покрытию с большой скоростью (рис. 36, а). Уменьшение коэффициента сцепления приводит к увеличению тормозного и остановочного путей автомобиля и потере им поперечной устойчивости. Поэтому правила дорожного движения запрещают эксплуатацию автомобилей с шинами, у которых глубина протектора менее 1—2 мм.

Если с правой и левой сторон автомобиля установлены шины с различной степенью износа, то при торможении возникает момент, который может привести к повороту автомобиля и аварии. Вместе с тем по мере изнашивания протектора и уменьшения его высоты увеличивается сопротивление шины уводу. Коэффициент  $k_{ув}$  у полностью изношенных шин на 50—70% больше, чем у новых (рис. 36, б). Поэтому при установке на передний мост более изношенных шин автомобиль может приобрести излишнюю поворачиваемость, что ухудшит его управляемость.

Неправильная регулировка тормозных моментов на колесах как следствие, к потере устойчивости переднего тормозного колеса заднего. Автомобиль уклоняется на больший угол отклоняются на большие механизмы задние тормозные механизмы

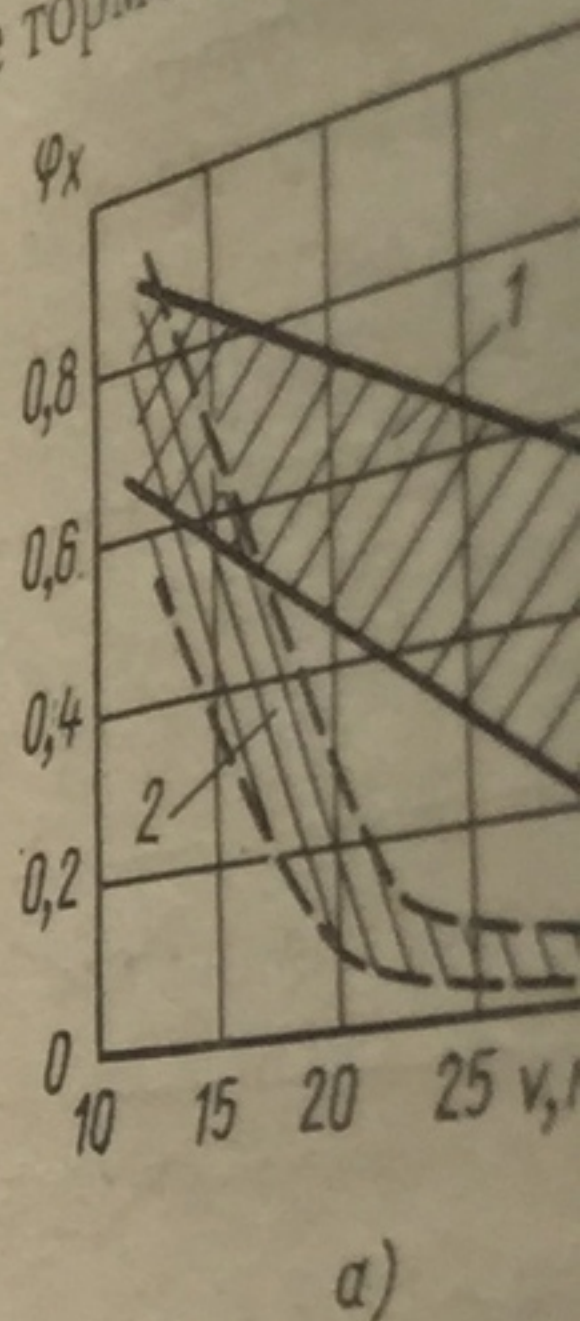


Рис. 36. Влияние износа протектора на коэффициент сцепления  $\varphi_x$ : 1 — сухое покрытие; 2 — мокрое покрытие

При изнашивании деталей рулевого механизма, и в первую очередь (рулевого механизма, и в первую очередь) увеличивается свободный угол поворота руля, что сказывается на кривизне траектории движения автомобиля становится частота поворотов руля при прямолинейном движении

## 16. Скорость поворота

Состояние рулевого управления в переднем мосту

Рулевое управление отрегулировано  
Пробки шарниров рулевых тяг  
на 0,5 оборота  
Зазор в подшипниках ступиц  
0,12 мм  
Зазор между шкворнем и втулкой  
0,45 мм  
Нарушена регулировка рабочих

В табл. 16 приведены значения  $k_{ув}$  для различных состояний переднего моста (рис. 36, б)



Неправильная регулировка тормозных механизмов и замасливание фрикционных накладок могут привести к различной величине тормозных моментов на колесах правой и левой сторон автомобиля и, как следствие, к потере устойчивости. К таким же результатам приводит неисправность одного из тормозных механизмов. Неисправность переднего тормозного механизма более опасна, чем неисправность заднего. Автомобиль с неисправными передними тормозами отклоняется на больший угол, чем автомобиль, имеющий неисправные задние тормозные механизмы (рис. 37).

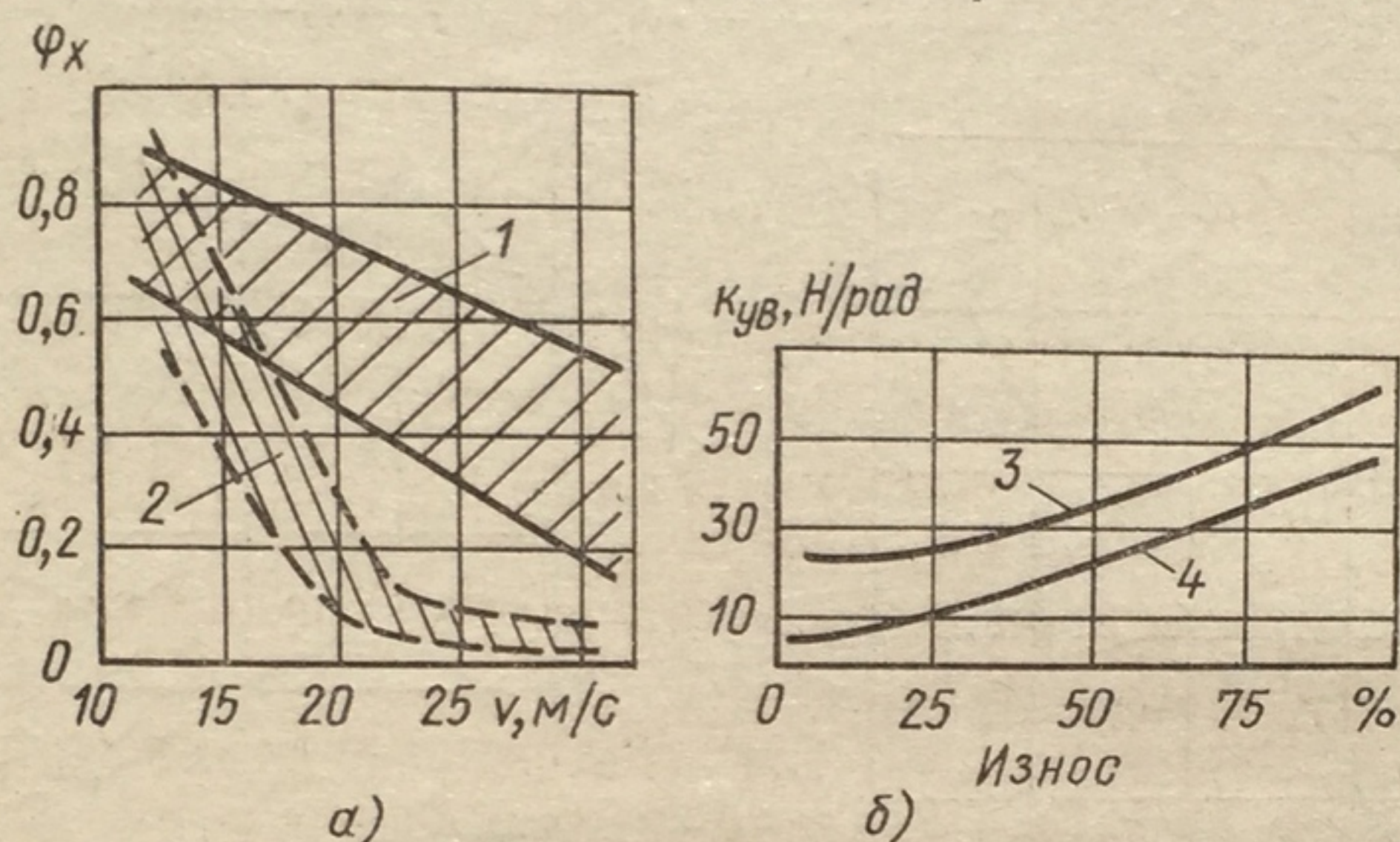


Рис. 36. Влияние износа протектора на эксплуатационные показатели: а — на коэффициент сцепления  $\phi_x$ ; б — на коэффициент сопротивления уводу  $K_{ув}$ ; 1 — сухое покрытие; 2 — мокрое покрытие; 3 — вертикальная нагрузка 14 кН; 4 — вертикальная нагрузка 9 кН

При изнашивании деталей рулевого управления и переднего моста (рулевого механизма, шаровых шарниров тяг, шкворней и их втулок) увеличивается свободный ход рулевого колеса, что отрицательно сказывается на курсовой устойчивости автомобиля. Движение автомобиля становится трудно контролируемым, резко возрастает частота поворотов рулевого колеса, необходимых для сохранения прямолинейного движения.

16. Скорость поперечного смещения автобуса, м/с

Состояние рулевого управления и переднего моста	Скорость движения, км/ч	
	30	60
Рулевое управление отрегулировано	0,033	0,14
Пробки шарниров рулевых тяг отпущены на 0,5 оборота	0,133	0,22
Зазор в подшипниках ступиц равен 0,12 мм	0,086	0,21
Зазор между шкворнем и втулками равен 0,45 мм	0,144	0,26
Нарушена регулировка рабочей пары	0,119	0,22

В табл. 16 приведены результаты дорожных испытаний автобуса ПАЗ-672 с различным техническим состоянием рулевого управления и переднего моста (по данным МАДИ).



При наличии свободного хода нарушается кинематическая связь между рулевым колесом и передними колесами, что затрудняет выполнение маневра. На рис. 38 показано, как изменяются углы поворота управляемых колес и траектории автомобиля при различном свободном ходе рулевого колеса. Если свободный ход рулевого колеса отсутствует, то при постоянном передаточном числе рулевого управления законы изменения углов поворота рулевого колеса  $\theta_{р.к}$  и передних колес  $\theta$  аналогичны. Если свободный ход рулевого колеса отсутствует, то в конце маневра  $\theta_{р.к}$  и  $\theta$  равны нулю, а автомобиль движется параллельно прежнему направлению.

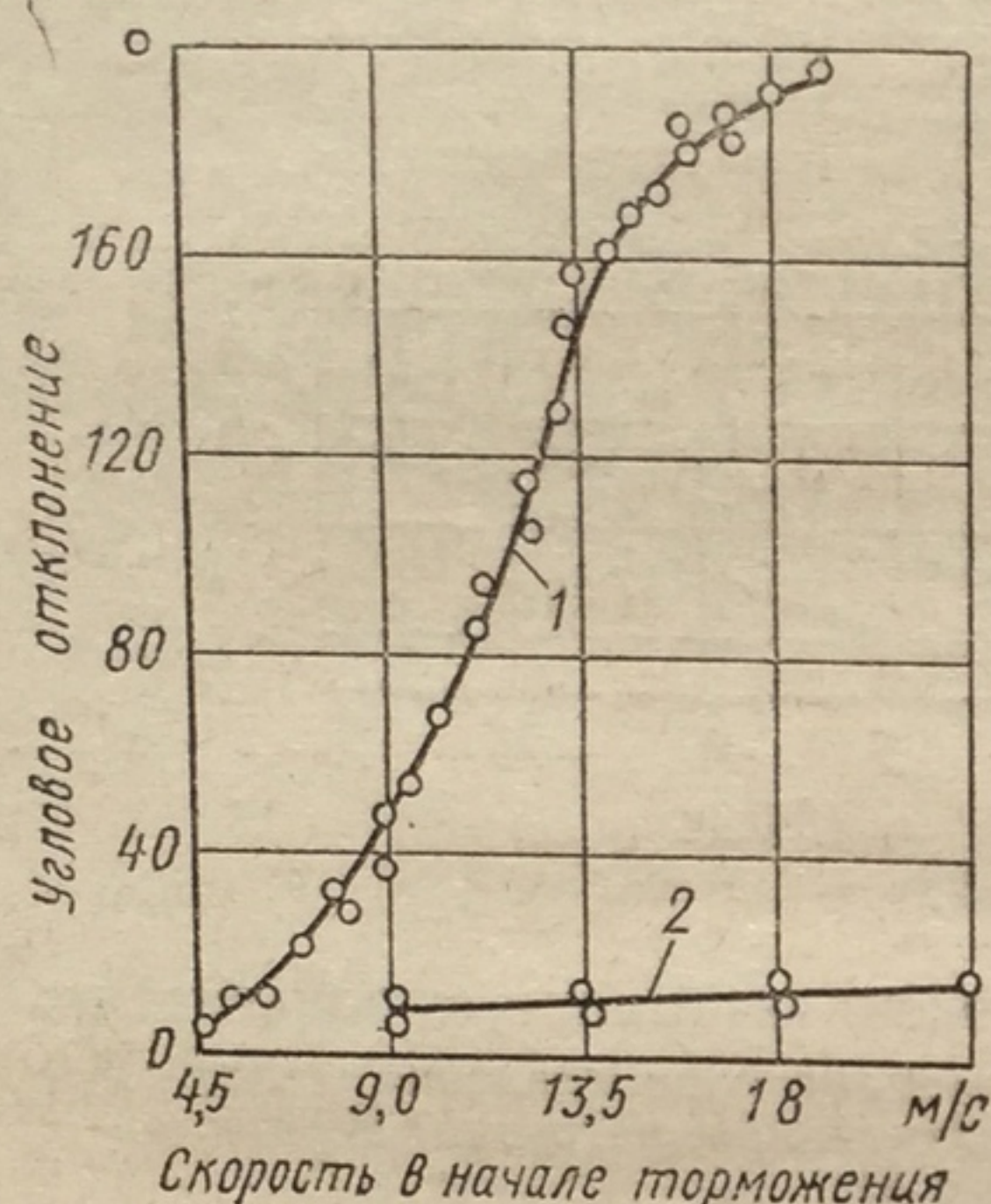


Рис. 37. Угловое отклонение автомобиля при торможении:

1 — неисправен один передний тормозной механизм; 2 — неисправен один задний тормозной механизм

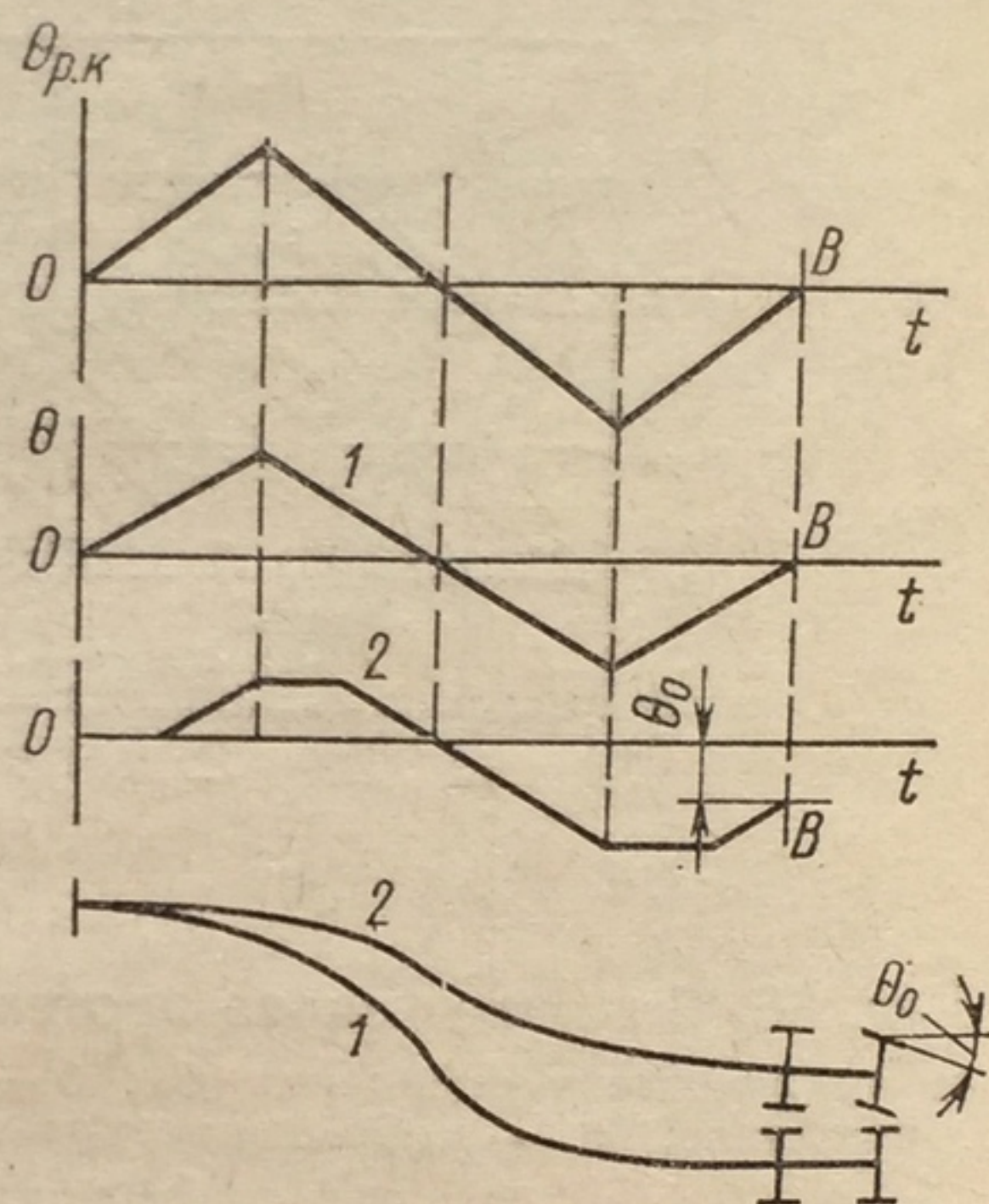


Рис. 38. Изменение поворота передних колес и траектории автомобиля:

1 — при отсутствии свободного хода рулевого колеса; 2 — при наличии свободного хода рулевого колеса

При наличии свободного хода рулевого колеса (линия 2) появляются зоны нечувствительности — горизонтальные участки. При изменении направления вращения рулевого колеса угол поворота управляемых колес остается некоторое время неизменным. Эпюра  $\theta = \theta(t)$  и траектория автомобиля утрачивают симметричность. В конце маневра, когда рулевое колесо возвращено в нейтральное положение (точка B), передние колеса остаются все еще повернутыми на некоторый угол  $\theta_0$ . Курсовой угол автомобиля также не равен нулю, и для выравнивания автомобиля нужны дополнительные действия.

Предельные значения свободного хода, определенные с помощью динамометра-люфтомера, приведены в табл. 17. Для автобусов и грузовых автомобилей, созданных на базе легковых автомобилей, предельное значение свободного хода равно  $10^\circ$  при усилии 7,5 Н.

При недоброкачественном ремонте или техническом обслуживании автомобиля в результате слишком плотной посадки шкворней

17. Предельные значения свободного хода	
Тип автомобиля	Собственный люфт
Легковые	Св. 10°
Автобусы	Св. 10°
Грузовые	Св. 10°
18. Примерные значения	
Вид рулевого привода	Тип
Механический	Все типы
С усилителем	То же
	Грузовые автобусы
	Легковые автобусы
	Грузовые автомобили
	Легковые автомобили
Резкое увеличение усилия, вызванное заклиниванием шарниров рулевого механизма или заклиниванием рулевого колеса вследствие экстренного торможения, приводит к тому, что рулевое колесо продолжает вращаться на повороте.	



# 17. Предельные значения свободного хода рулевого колеса (ГОСТ 25478—82)

Тип автомобиля	Собственная масса автомобиля, приходящаяся на управляемые колеса, т	Усилие по шкале динамометра, Н	Свободный ход, не более
Легковые Автобусы	До 1,60	7,35	10°
	До 1,60	7,35	
Грузовые	Св. 1,50 до 3,86	9,80	20°
	Св. 3,86	12,30	
	До 1,60	7,35	
	Св. 1,60 до 3,86	9,80	25°
	Св. 3,86	12,30	

во втулки и чрезмерной затяжки гаек рулевых тяг может значительно возрасти усилие, необходимое для поворота передних колес, что также осложняет работу водителя и ухудшает управляемость.

Примерные значения предельных усилий приведены в табл. 18.

## 18. Примерные значения усилий на ободе рулевого колеса

Вид рулевого привода	Тип автомобиля	Собственная масса автомобиля, приходящаяся на управляемые колеса, т	Предельное усилие, Н
Механический	Все типы	До 0,80	—
	То же	Св. 0,80 до 1,60	140
	Грузовые и автобусы	Св. 1,60	200
С усилителем	Легковые	До 1,60	—
	Грузовые и автобусы	До 2,80	180
	То же	Св. 2,80 до 3,31	250
	»	Св. 3,31 до 3,86	320
	Автобусы	Св. 3,86	350
	Грузовые	Св. 3,86	450

Резкое увеличение прикладываемого к рулевому колесу усилия, приводящее к потере управляемости автомобилем, может быть вызвано заклиниванием рулевого управления вследствие поломки деталей рулевого механизма (ролика, червяка), заедания сухарей в шаровых шарнирах или неисправности противоугонного устройства. Заклинивание рулевого управления обычно приводит к весьма тяжелым последствиям, так как водитель не сразу осознает необходимость экстренного торможения, а некоторое время пытается повернуть рулевое колесо. Автомобиль же, утратив управляемость, продолжает двигаться с повернутыми передними колесами и быстро оказывается на полосе встречного движения или за пределами дороги.



Если не учитывать увода колес, то автомобиль за время  $t$ , двигаясь по дуге постоянного радиуса  $R$  (рис. 39, а), переместится из положения  $I$  в положение  $II$  и повернется на угол  $\gamma$ . Заменяв приближенно дугу  $AA_1$ , длина которой равна пути автомобиля  $S$ , хордой, получим

$$S = vt = R\gamma \approx \gamma L/\theta.$$

Отсюда курсовой угол

$$\gamma = vt\theta/L.$$

Треугольник  $AOA_1$  равнобедренный, следовательно, углы у основания равны  $90 - \gamma/2$ , а угол  $A_1AB$  равен  $\gamma/2$ .

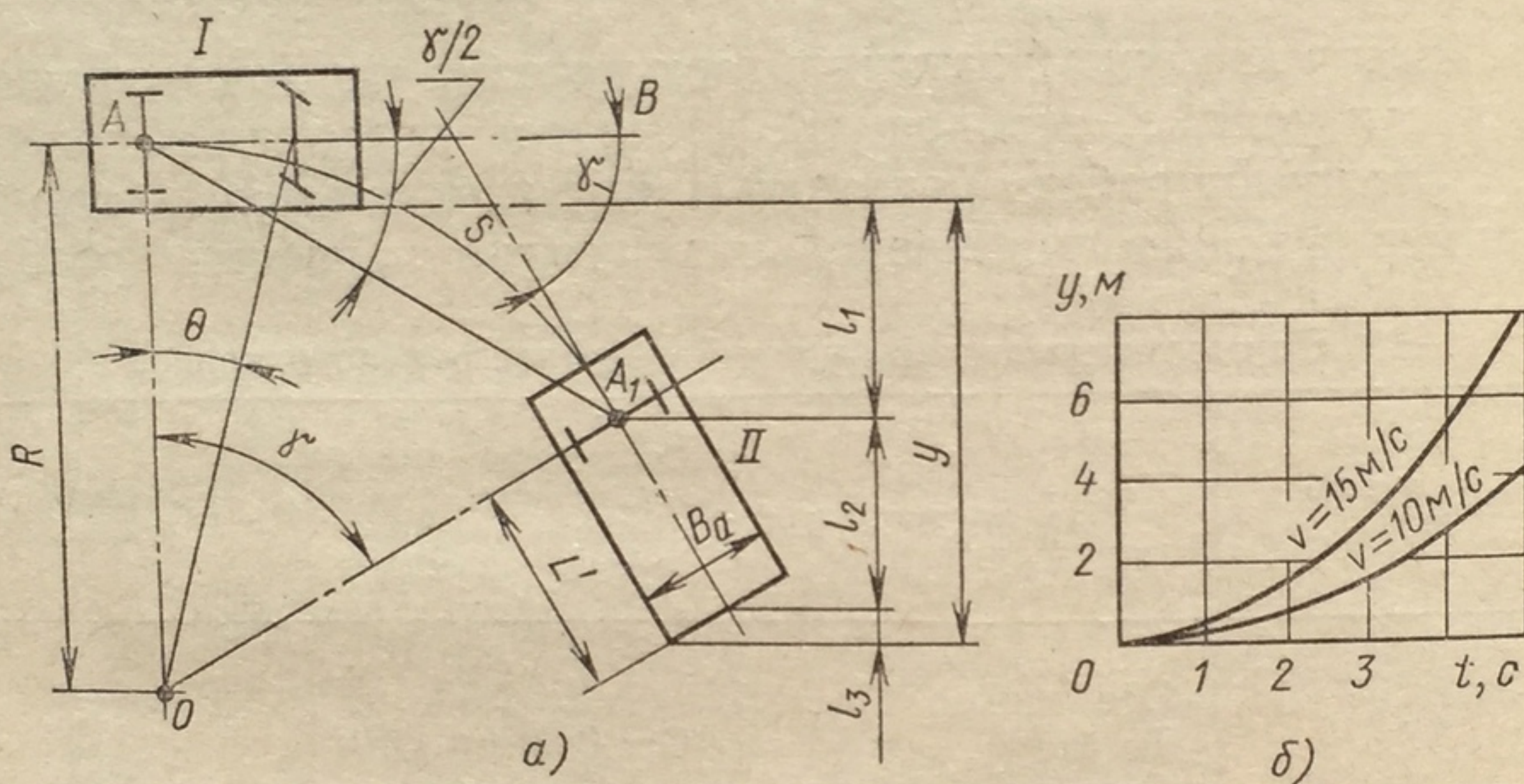


Рис. 39. Движение автомобиля при заклинивании рулевого управления:  
а — схема поворота автомобиля; б — изменение поперечного смещения у автомобиля

Поперечное смещение правого переднего угла автомобиля в процессе поворота

$$y = l_1 + l_2 + l_3 = (S \sin \gamma/2 - 0,5B_a) + L' \sin \gamma + 0,5B_a \cos \gamma.$$

На рис. 39, б показана зависимость поперечного смещения  $y$  легкового автомобиля от времени  $t$  при  $\theta = 0,01$  рад ( $0,6^\circ$ ) и  $v = 10$  и  $15$  м/с. Принятые при расчете значения угла поворота и скорости невелики, однако поперечное смещение нарастает весьма быстро. При  $v = 10$  м/с через 5 с оно достигает 4 м, следовательно, неуправляемый автомобиль, поворачиваясь, полностью перекроет соседнюю полосу движения, что может привести к серьезной аварии.

В процессе движения автомобиля даже по дороге с покрытием отличного качества происходят колебания управляемых колес. Эти колебания увеличивают динамические нагрузки на детали ходовой части и рулевого управления и при больших размахах могут привести к потере автомобилем управляемости.

Особенно велики угловые колебания при дисбалансе колес.

На рис. 40 приведены результаты испытаний грузового автомобиля с различным дисбалансом передних колес. С увеличением дис-

баланса растут амплитуды колебаний в левом приводе  $P_{2,0}$  (рис. 40, б). Вертикальные колебания катков с зазорами. При неисправных амортизаторах. Если частота ударов от собственных колебаний, то воз

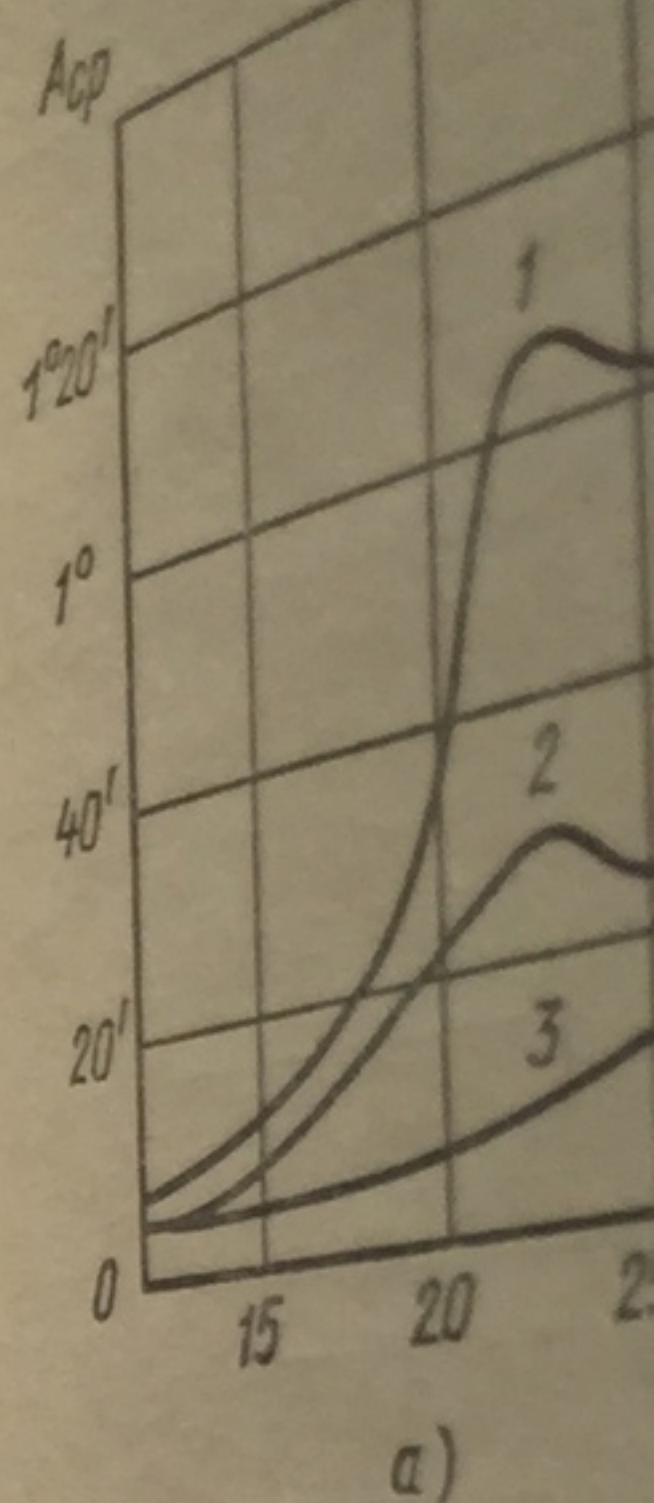
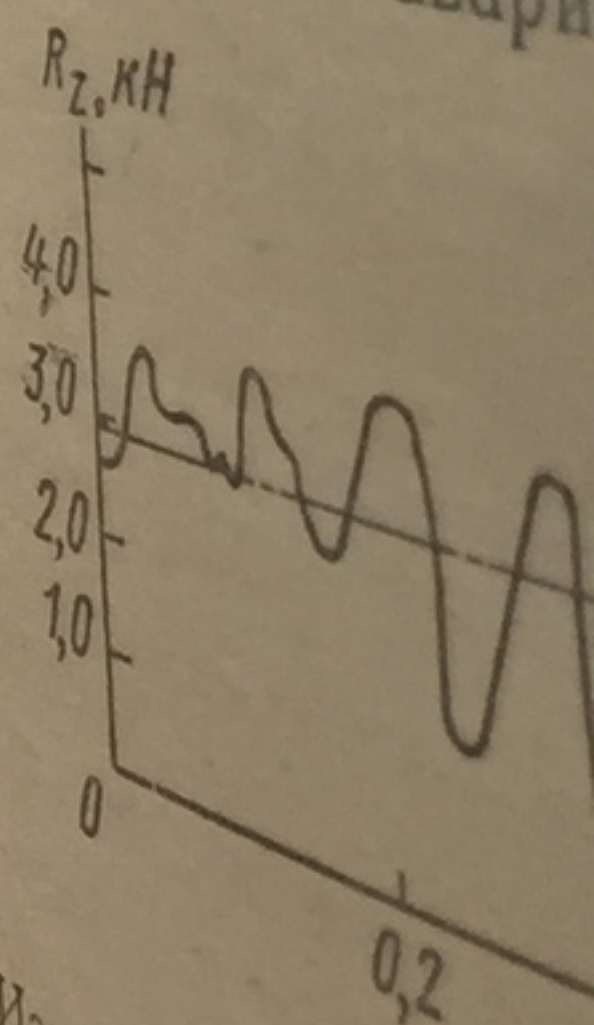


Рис. 40. Влияние дисбаланса колес на  $P_{р.а}$  в зависимости от  $\beta$  при  $\alpha = 0,05$  и  $\beta = 0,05$ .  
1 — дисбаланс колес равен 4,5—4,8 Н.

роги. На рис. 41 показано из-  
веса легкового автомобиля  
скорости около 20 м/с. Испы-  
произошло несколько авари



Рас. 41 Изменение вертикальных  
0,2  
мостов. Как видно из графика, для  
грузов 5 и 6  
П

...ние вертикальн  
ля на авт  
мости. Как видно из граф  
грузка 5 раз была равна н  
Поскольку каждый вертик  
ударом, то колеса в моме  
образом, не удовлетворител  
быть причиной повышени



баланса растут амплитуды колебаний  $A_{ср}$  (рис. 40, а) и усилия в рулевом приводе  $P_{р.п}$  (рис. 40, б).

Вертикальные колебания колес и кузова обычно гасятся амортизаторами. При неисправных амортизаторах колебания затухают медленно. Если частота ударов от неровностей на дороге близка частоте собственных колебаний, то возможен резонанс и отрыв колес от до-

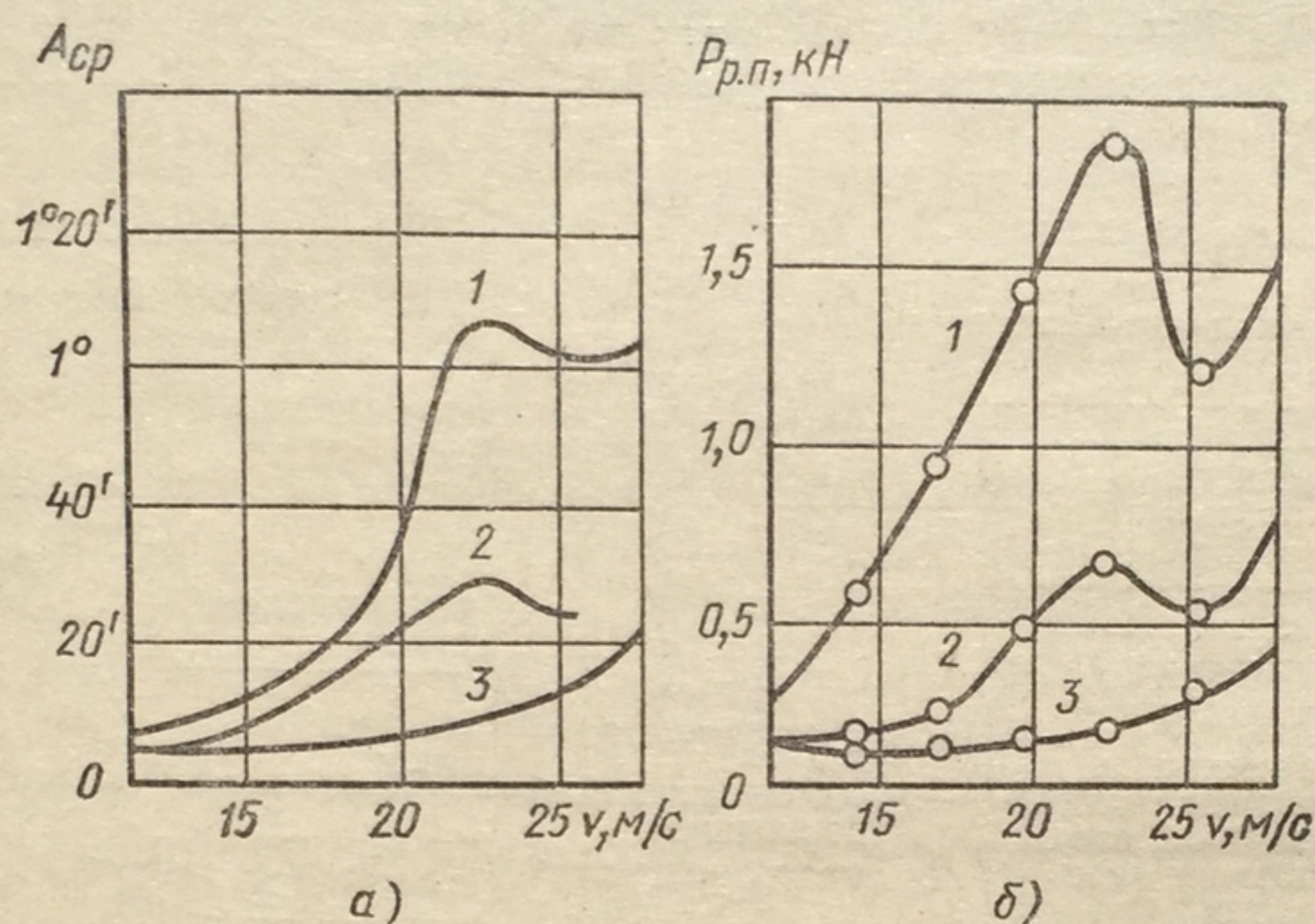


Рис. 40. Влияние дисбаланса колес на амплитуду  $A_{ср}$  колебаний и усилия  $P_{р.п}$  в рулевом приводе:

1 — дисбаланс колес равен 4,5—4,8 Н·м; 2 — дисбаланс колес равен 1,2 Н·м; 3 — сбалансированные колеса

роги. На рис. 41 показано изменение вертикальных нагрузок на колеса легкового автомобиля с неисправными амортизаторами при скорости около 20 м/с. Испытания проводили на участке дороги, где произошло несколько аварий из-за потери автомобилем управляе-

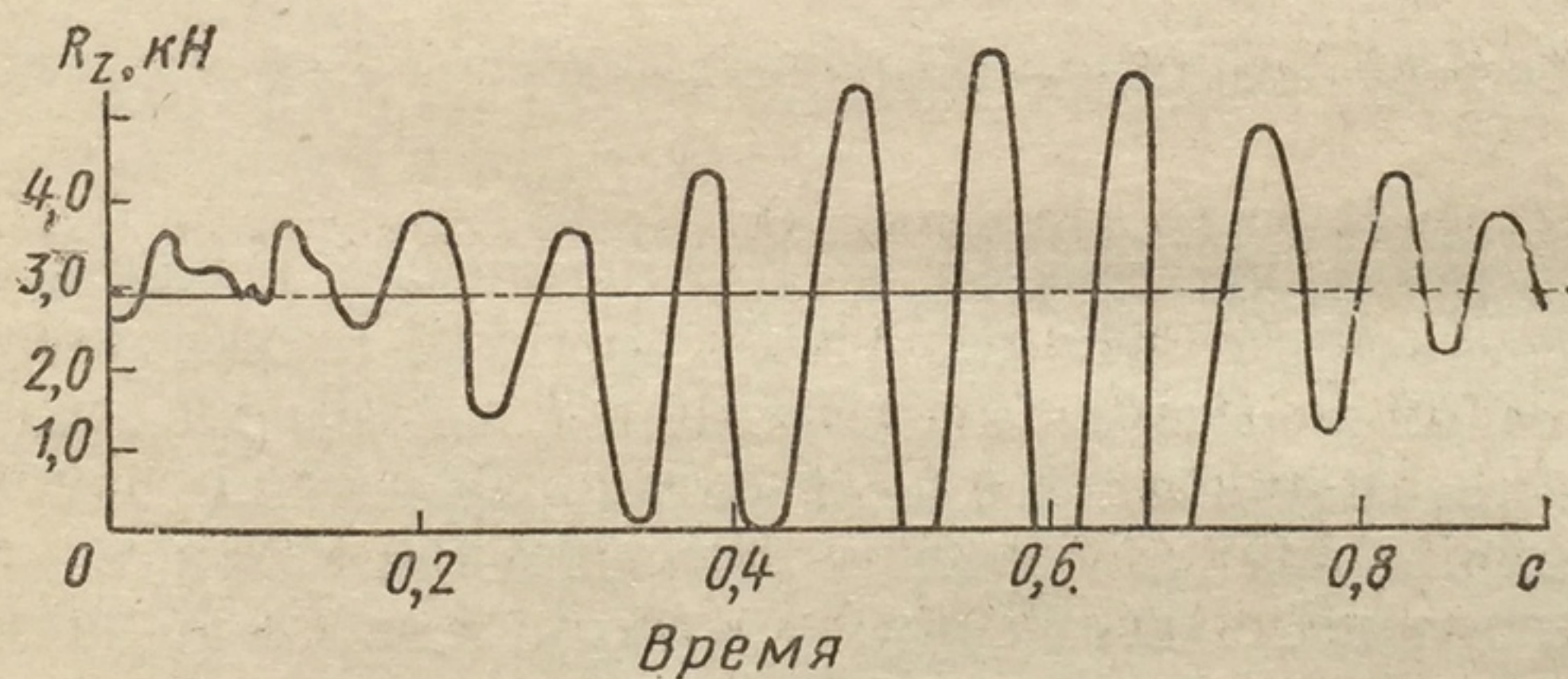


Рис. 41 Изменение вертикальных нагрузок  $R_z$  на колеса легкового автомобиля на аварийном участке дороги

мости. Как видно из графика, менее чем за 0,5 с вертикальная нагрузка 5 раз была равна нулю, т. е. колесо отрывалось от дороги. Поскольку каждый вертикальный толчок обычно связан с боковым ударом, то колеса в момент отрыва могли поворачиваться. Таким образом, неудовлетворительная плавность хода автомобилей могла быть причиной повышенной аварийности на данном участке.



## § 11. ВИДЫ ИНФОРМАТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Действия водителя неразрывно связаны с процессами приема и переработки информации, которую он получает с помощью анализаторов (зрительного, слухового и др.) от внешних раздражителей. Водитель принимает конкретные решения и управляет автомобилем на основе полученной и переработанной им информации. Однако в определенных условиях он не успевает переработать необходимую

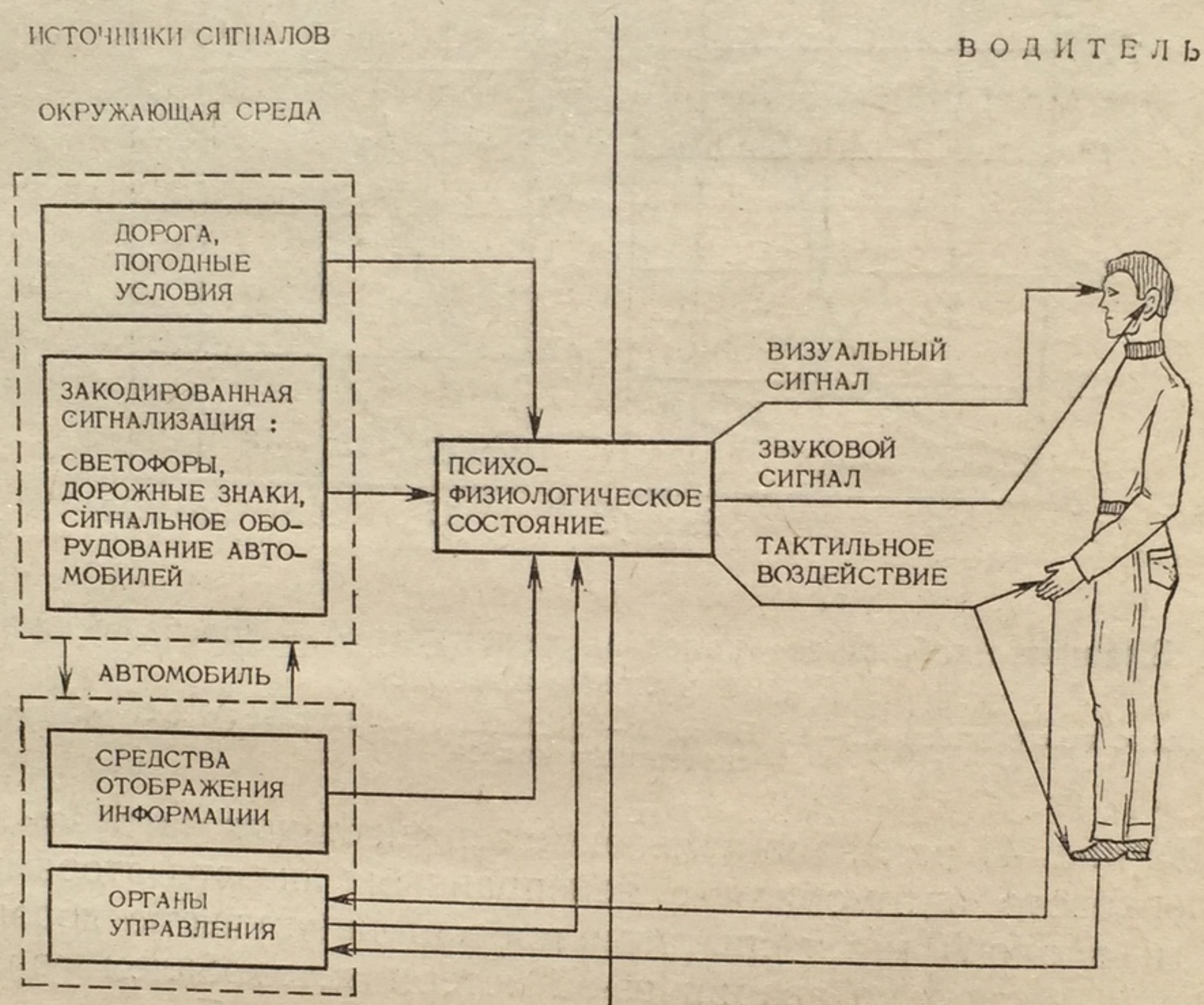


Рис. 42. Система водитель — автомобиль — дорога (окружающая среда)

ему информацию, пропускает ее или принимает решение слишком поздно, в результате чего возникает дорожно-транспортное происшествие. Такой же результат возможен, когда в поле зрения водителя отсутствует достаточное количество информации, требуемой по условиям сложившейся дорожно-транспортной ситуации. Следовательно, безопасность движения во многом зависит от количества и качества воспринимаемой водителем информации.

**Информативность** — это свойство автомобиля обеспечивать участников движения информацией, необходимой для динамического функционирования системы водитель — автомобиль — дорога. Информативность является одним из эксплуатационных свойств автомобиля, определяющих его безопасность.

Водителя можно рассматривать как составную часть системы ВАД (рис. 42). Информация поступает к водителю с помощью сигналов. Такими сигналами являются всевозможные физические процес-



сы, движущиеся объекты (предметы), разнообразные звуковые источники, напряжение мышц и т. д., т. е. сигналы, возникающие при нормальном протекании какого-либо процесса, или сигналы, специально предназначенные для сообщения человеку информации. В первом случае сигналы называются *естественными*, во втором — *искусственными*. Искусственные сигналы (в виде звуковых и световых сигнализаторов, указателей и стрелок измерительных приборов и т. д.) используются в тех случаях, когда естественные сигналы трудно воспринимать (например, когда процессы, о которых человек должен получать информацию, происходят в герметически закрытых агрегатах автомобиля, на больших расстояниях и т. д.).

Сигналы, необходимые водителю для ориентации при выполнении работы, поступают к нему через органы чувств, которые реагируют на физические и химические изменения, происходящие в окружающей среде и в его организме (воздействие света, звука, прикосновение, запах, изменение температуры и т. п.). Эти изменения воздействуют в качестве «стимулов» на органы чувств и вызывают в нервной системе человека сложные физиологические процессы, которые отражаются в его сознании в форме ощущений — зрительных, слуховых, осязания и др. Для водителя автомобиля наиболее важными являются зрительные ощущения, так как зрительный анализатор предоставляет ему более 90% всей информации, необходимой для управления автомобилем.

Чтобы правильно ориентироваться в окружающей обстановке (что является непременным условием всякого трудового процесса), водитель должен воспринимать приходящие сигналы и понимать их значение. Восприятие сигналов зависит от свойств каждого сигнала, его характеристик. Наиболее важными свойствами сигналов, которыми человек руководствуется при работе, являются вероятность появления, длительность, сила. Для визуальных сигналов, которые преобладают в системе ВАД, большое значение имеют размер, цвет, форма, положение и перемещение.

Все участники дорожного движения условно могут быть разбиты на две группы: водители-операторы и другие (внешние) участники движения (пешеходы, водители других транспортных средств, регулировщики). В процессе дорожного движения водитель выступает в двух качествах одновременно: водителя-оператора и внешнего участника движения, и должен реагировать на информацию, исходящую как от управляемого им автомобиля — *внутренняя информативность*, так и от других транспортных средств — *внешняя информативность*. На рис. 43 приведена структурная классификация информативности автомобиля.

Информативность автомобиля может быть *визуальной* (форма и размеры автомобиля, цвет кузова, система автономного освещения, светосигнальное оборудование, элементы щитка приборов, параметры обзорности), *звуковой* (звуковые сигнализаторы, несущая волна, шум двигателя, трансмиссии и т. д.), *тактильной* (реакция органов управления на действие водителя).



Взаимодействие факторов, определяющих условия движения, и элементов информативности автомобиля может создать неопределенность в оценке режима его движения, состояния или местонахождения, что в свою очередь может привести к дорожно-транспортному происшествию. В связи с этим необходима разработка оптимальных для различных транспортных средств рекомендаций и нормативов по всем элементам информативности, которые отвечали бы

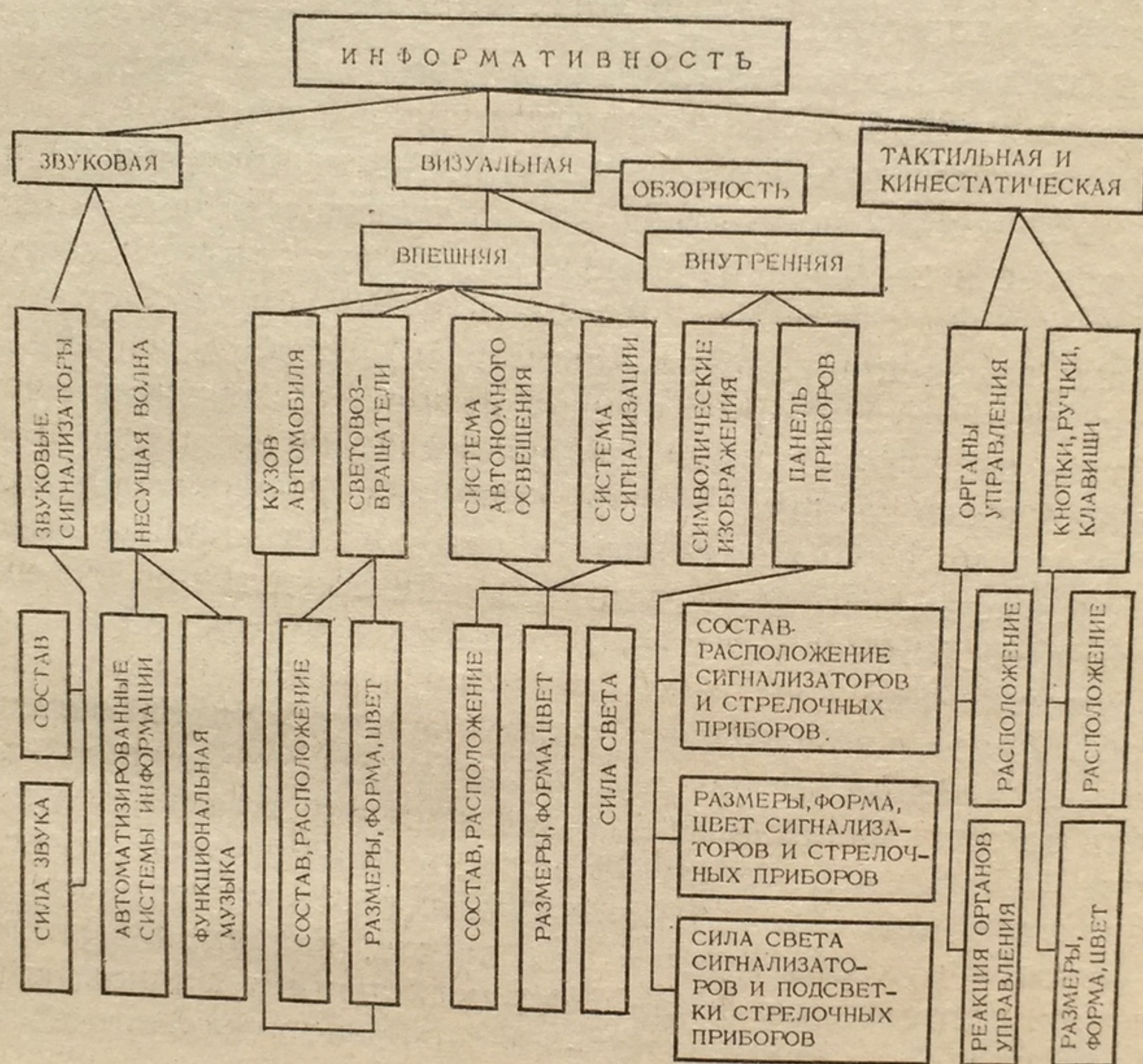


Рис. 43. Классификация информативности

условиям безопасности движения во всех возможных дорожно-транспортных ситуациях и удовлетворяли условиям эксплуатации, характерным для СССР.

Ввиду того что водитель свыше 90% всей информации получает с помощью зрительного анализатора, зрение становится почти единственным каналом, по которому к водителю поступают сведения об окружающей обстановке во время движения. В связи с этим большая роль для обеспечения безопасности движения играет визуальная информативность автомобиля, т. е. свойство транспортного средства выдавать визуальную информацию о его местоположении на дороге, состоянии и режиме движения.

Визуальная информативность делится на внешнюю и внутреннюю.



Взаимодействие факторов, определяющих условия движения, и элементов информативности автомобиля может создать неопределенность в оценке режима его движения, состояния или места нахождения, что в свою очередь может привести к дорожно-транспортному происшествию. В связи с этим необходима разработка оптимальных для различных транспортных средств рекомендаций и нормативов по всем элементам информативности, которые отвечали бы

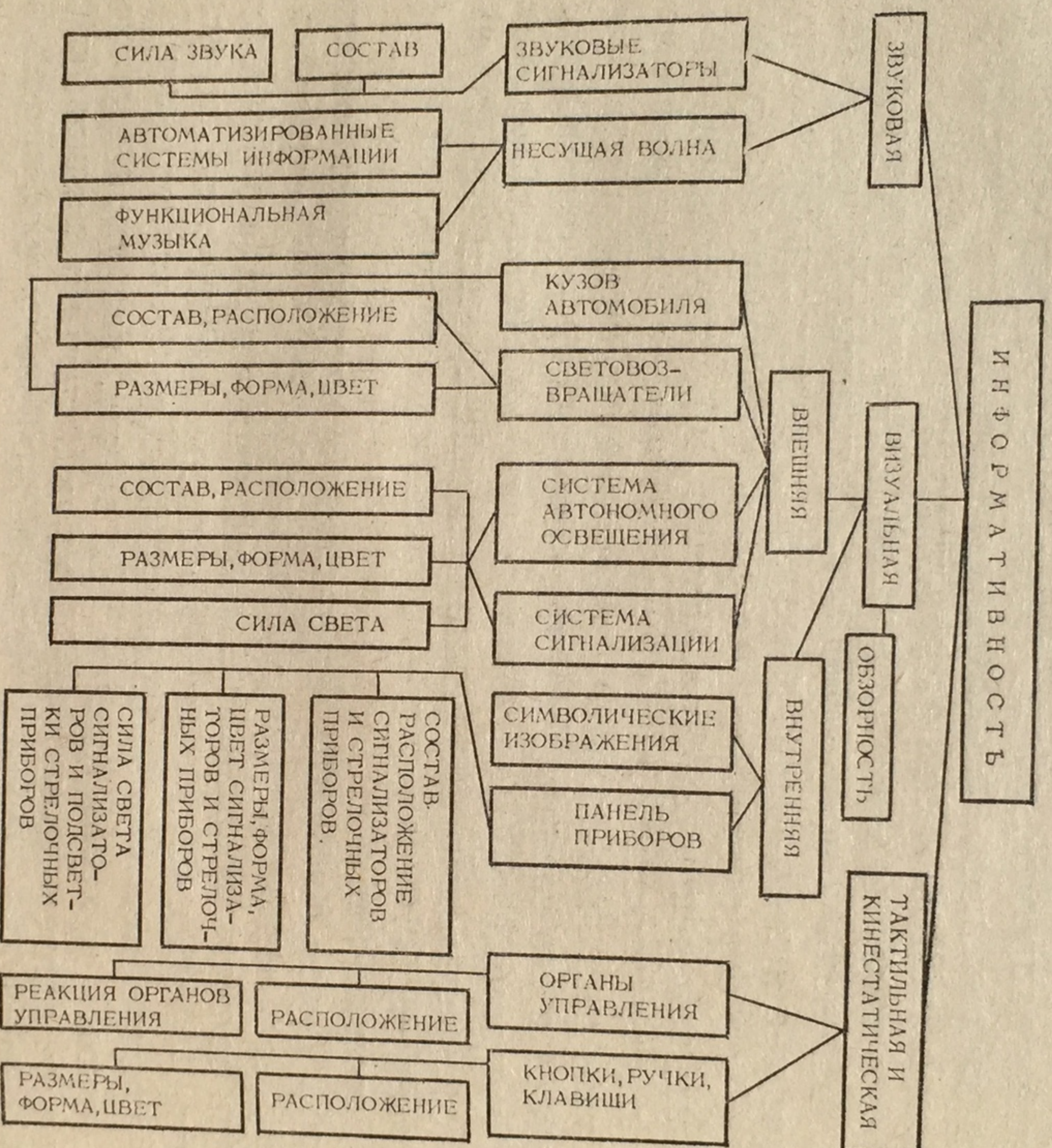


Рис. 43. Классификация информативности

условиям безопасности движения во всех возможных дорожно-транспортных ситуациях и удовлетворяли условиям эксплуатации, характерным для СССР.

Ввиду того что водитель свыше 90% всей информации получает с помощью зрительного анализатора, зрение становится почти единственным каналом, по которому к водителю поступают сведения об окружающей обстановке во время движения. В связи с этим большую роль для обеспечения безопасности движения играет визуальная информативность автомобиля, т. е. свойство транспортного средства выдавать визуальную информацию о его местоположении на дороге, состоянии и режиме движения.

Визуальная информативность делится на внешнюю и внутреннюю.



## § 12. ВНЕШНЯЯ ВИЗУАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

*Внешней визуальной информативностью* обладают кузов автомобиля, световозвращатели, система автономного освещения и система внешней световой сигнализации.

### 1. КУЗОВ АВТОМОБИЛЯ

Окраска автомобиля должна обеспечивать световой и цветовой контраст с дорожным покрытием. Если автобусы, большегрузные автомобили и автопоезда информируют других участников движения о своем присутствии и маневрах прежде всего габаритами и формой, то для автомобилей малых размеров важна окраска.

Автомобили, окрашенные в яркие и светлые тона, реже попадают в аварии, чем автомобили, имеющие защитную окраску — черную, серую или коричневую. Особенно велика вероятность столкновения с такими автомобилями (на современных скоростных магистралях) в условиях ограниченной видимости: в тумане, в сумерках или во время дождя. Лучшие цвета, в которые следует окрашивать автомобили, — это оранжевый, желтый, красный и белый.

В темное время суток особенно хорошо видны поверхности, на которые нанесены краски с включением шаровой катадиоптрической оптики или металлических световозвращающих частиц. Значительно увеличивается дальность обнаружения автомобиля в свете фар (до 100 м) при наличии на кузове световозвращающих участков, создаваемых путем нанесения специальных красок на задний борт (снаружи и изнутри), задние бамперы, номерные знаки.

Всякий цвет на фоне дополнительного цвета воспринимается более насыщенным и ярким. Это явление используется при окраске автомобилей оперативных служб, которые окрашивают в два цвета. При этом один из них относится к группе цветов, отличающихся наибольшей дальностью видимости. К цветографической отделке внешней поверхности автомобиля предъявляются два требования: 1) сигнальность, т. е. выделение автомобиля из транспортного потока; 2) опознаваемость, т. е. обозначение при помощи цвета и маркировки назначения автомобиля.

Цвета высокой чистоты с большими коэффициентами отражения (яркие), а также многоцветовая гамма при кратковременном наблюдении действуют возбуждающе на водителя, что способствует выделению автомобиля в транспортном потоке. При длительном наблюдении такие цвета оказывают резко утомляющее действие. Таким образом, красный и желтый цвета и их основные оттенки следует применять для окраски небольших по размеру автомобилей. Грузовые автомобили, автопоезда и автобусы необходимо окрашивать в так называемые холодные цвета (зеленый, голубой, синий и их оттенки) или темные цвета. Это снижает напряжение зрения и умень-



шает утомляемость водителей встречных автомобилей. С этой же целью следует окрашивать в темные цвета с малым коэффициентом отражения части автомобилей, находящиеся постоянно в поле зрения водителя (капот, задняя часть кузова).

## 2. СВЕТОВОЗВРАЩАТЕЛИ

В темное время суток подвижной состав автомобильного транспорта может находиться на проезжей части улиц или дорог или в непосредственной близости от них (остановка или стоянка у тротуара, на обочине, на кромке проезжей части). Наличие препятствия, каким является авто-

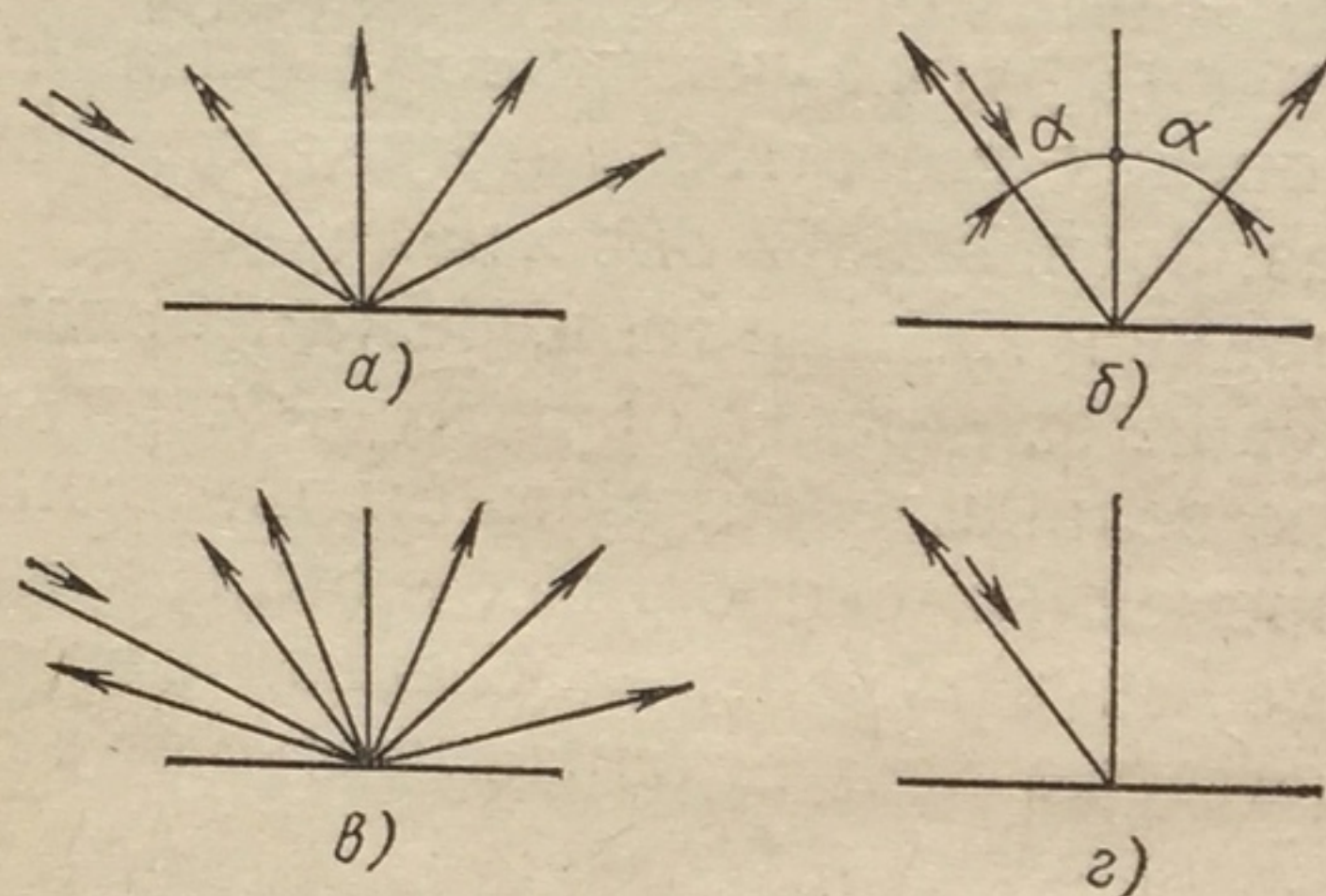


Рис. 44. Виды отражения:  
а — диффузное; б — зеркальное; в — смешанное; г — световозвращающее

мобиль, стоящий на проезжей части и не обозначенный средствами активной световой сигнализации, представляет значительную опасность для всех участников движения в ночное время.

Видимость дороги и объектов на ней зависит от структуры, цвета и отражающей способности их поверхности. Все объекты (кроме источников излучения) обладают разной степенью отра-

жения и делятся на объекты с диффузным, зеркальным, смешанным и световозвращающим отражением (рис. 44).

При наиболее распространенном — *диффузном отражении* световые лучи рассеиваются по всем направлениям (рис. 44, а), и водитель видит ночью слабый световой сигнал, отраженный от препятствия.

При *зеркальном отражении* световые лучи, падающие на поверхность, отражаются под углом, равным углу падения (рис. 44, б). Для водителя световые лучи, зеркально отраженные от гладкой поверхности, например мокрой дороги или льда, представляют собой слепящий источник.

Большинство поверхностей отражают свет и диффузно и зеркально, т. е. обладают *смешанным отражением* (рис. 44, в).

*Световозвращающее отражение* характеризуется тем, что свет возвращается обратно к источнику излучения по направлениям, близким к направлению его падения (рис. 44, г). Устройства из искусственных световозвращающих материалов, обладая исключительной высокой отражающей способностью, надежно работают в различных погодных условиях, не ослепляя водителя.

Наиболее эффективным и экономичным средством увеличения информативности автомобилей на дороге в темное время суток является оснащение их специальными световозвращающими знаками,

размещенными по мобиле. Световозвращающих катодных вращатели.

На рис. 45, а — гибкую трубку (диаметром 20 мм) в слое 2 поро-

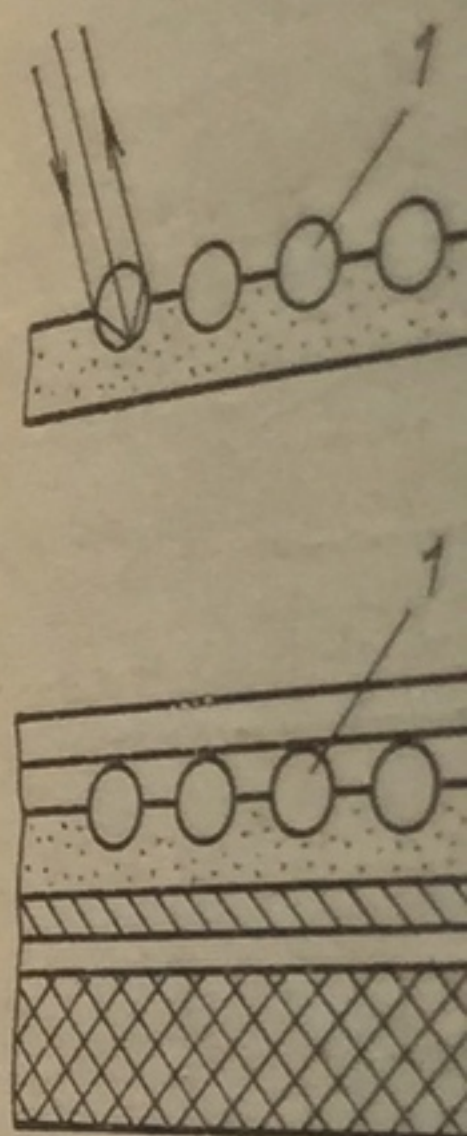


Рис. 45.  
а — простейший; б — плоскопризмный  
2 — слой порошкообразных кристаллов  
5 — флюид

На рис. 45, б — изготовленного из бо-3, предохраняющей го слоя 4, металлического основания 7. Эффект пучка от фар автомобиля на другом автомобиле, поверхность находится в направлении к источнику пучков, возбудения воспринимается вод-

Плоскопризмный из полимеров, им-ную с высокой точ-отражающих граней-дальность видимости-выше дальности вид-

Световозвраща-ISO-R-303 предна-темное время сут-ком, находящимс-Для автомобил-тоотражающих пр-



размещенными по контуру или спереди, сзади и сбоку корпуса автомобиля. Световозвращающие опознавательные знаки — это устройства световой сигнализации, состоящие из оптически плотных прозрачных катодиоптров. На рис. 45 изображены различные световозвращатели.

На рис. 45, а показан наиболее простой световозвращатель, представляющий собой гибкую эластичную пленку толщиной 0,2 мм с микроскопическими (диаметром 20—50 мкм) стеклянными шаровыми линзами 1, расположенными в слое 2 порошкообразного алюминия.

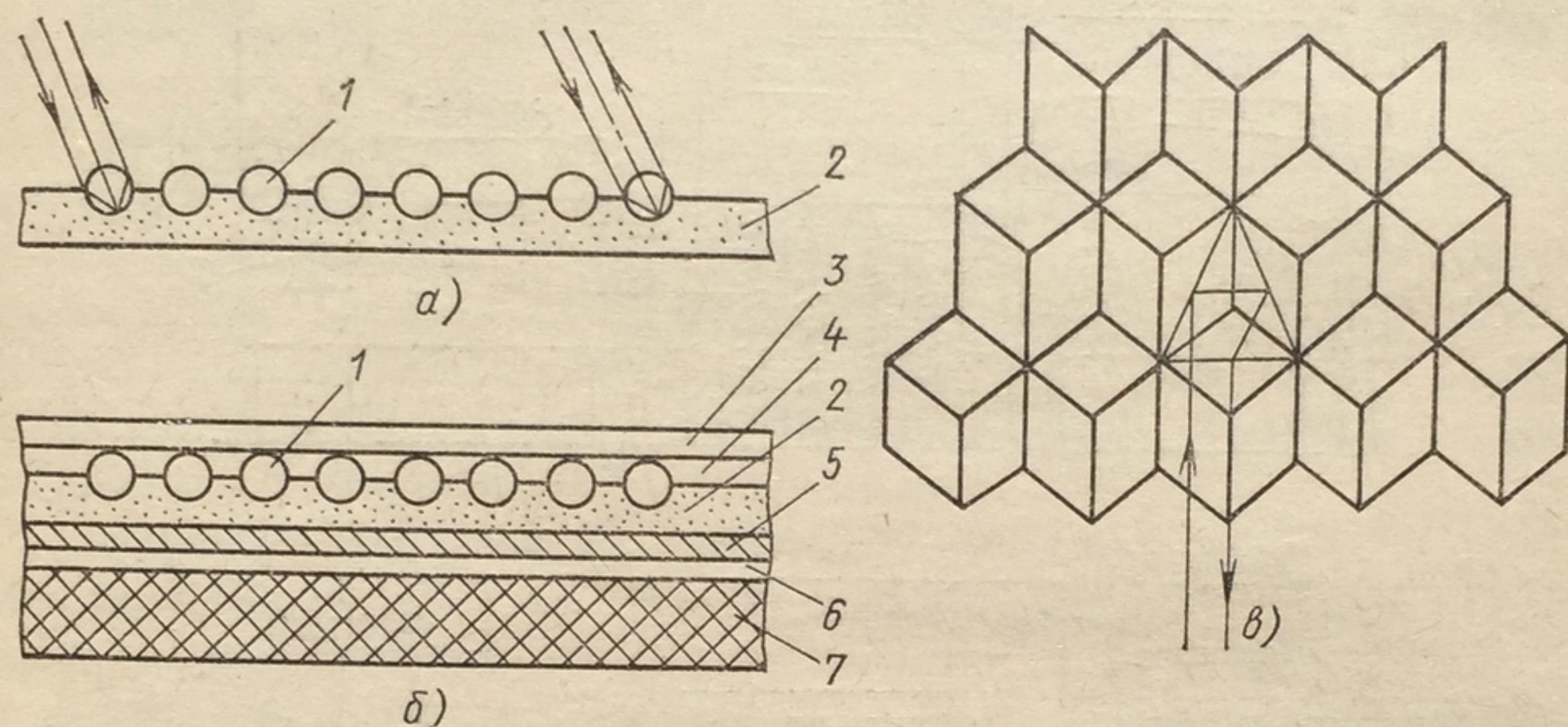


Рис. 45. Конструкции различных световозвращателей:

а — простейший; б — пленочный закрытый; в — плоскопризмный; 1 — шаровая линза; 2 — слой порошкообразного алюминия; 3 — защитная пленка; 4 — связывающий слой; 5 — фольга; 6 — слой клея; 7 — бумажное основание

На рис. 45, б изображен более качественный тип световозвращателя, изготовленного из более современного материала с гладкой защитной пленкой 3, предохраняющей поверхность от воздействия внешней среды, связывающего слоя 4, металлической фольги 5, клеевого слоя 6 и плотного бумажного основания 7. Эффект световозвращателя проявляется при падении светового пучка от фар автомобиля на поверхность световозвращателя, расположенного на другом автомобиле. Диапазон углов падения света на отражающую поверхность находится в пределах  $5-175^\circ$ . После преломления сферическими поверхностями микрошаров световой пучок отражается под углом  $180^\circ$ , направляясь к источнику излучения. Благодаря незначительным углам расхождения пучков, возвращаемых к источнику света, отраженный свет легко воспринимается водителем.

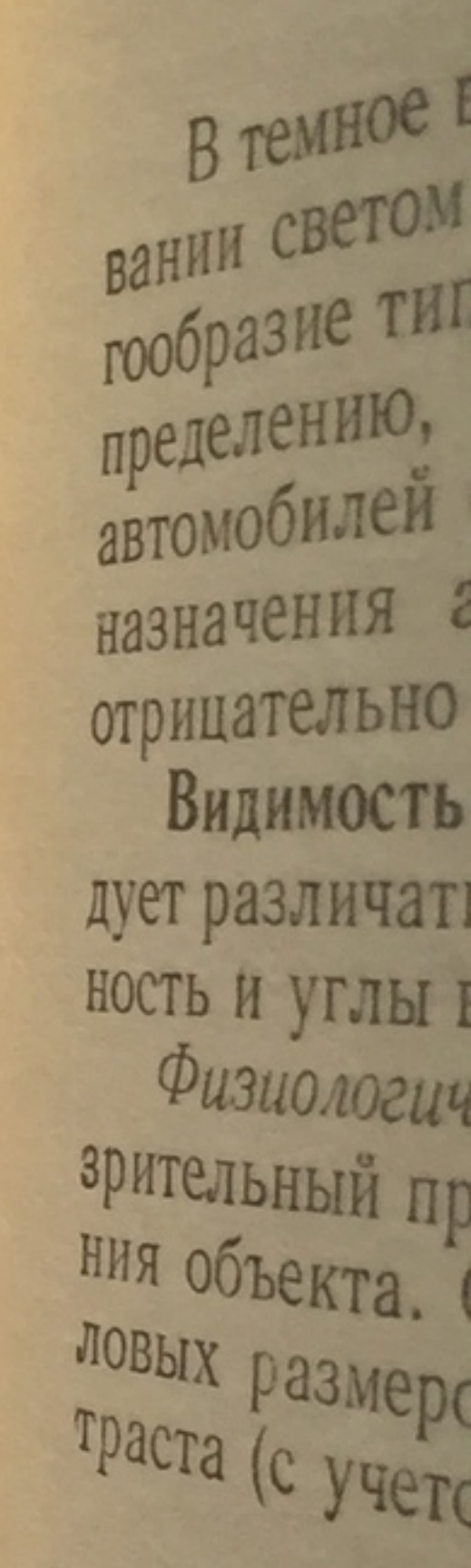
Плоскопризмные световозвращатели (рис. 45, в), изготавливаемые обычно из полимеров, имеют плоскопризмную оптическую систему, выполненную с высокой точностью расположения трех взаимно перпендикулярных отражающих граней. Эти световозвращатели эффективны при сравнительно небольших углах падения света на поверхность (до углов  $\pm 35^\circ$ ), однако дальность видимости их в свете фар составляет около 600 м, что на порядок выше дальности видимых шаровых световозвращателей.

Световозвращатели согласно ГОСТ 8769-75 и рекомендации ISO-R-303 предназначены для обозначения габаритов автомобилей в темное время суток путем отражения света, излучаемого источником, находящимся вне этого транспортного средства.

Для автомобиля обязательно наличие двух задних красных светоотражающих приспособлений нетреугольной формы. У транспорт-



Совершен  
направлениях  
увеличении  
превратить их  
формы;  
введение  
щих ведомым  
более шир  
щающих плен  
3. СИСТ



Чем выше  
больше вероят-  
ность принято  
К<sub>ф</sub> к его порог

Пороговое  
ми параметров

где  $L_{\Phi}$  — яркость  
эфициенты, ве  
екта и яркости  
Таким образом  
ниченном време  
с фоном, углов  
При автоматос  
жения) работа  
ся из-за нерав  
динамичности  
ких условий,

108



Совершенствование световозвращающих систем возможно в следующих направлениях:

увеличение площадей существующих световозвращателей, что позволит превратить их из точечных источников в светящиеся сигналы определенной формы;

введение индикаторов расстояний, видимых днем и ночью, сигнализирующих ведомым автомобилям о расстоянии до лидера при движении в потоке;

более широкое использование на транспортных средствах световозвращающих пленок.

### 3. СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

В темное время при слабом освещении дорог и неумелом пользовании светом фар значительно усложняется работа водителя. Многообразие типов фар, отсутствие единства в требованиях к светораспределению, несогласованность рекомендаций по комплектованию автомобилей фарами и их использованию в зависимости от типа и назначения автомобиля и эксплуатационных условий — все это отрицательно сказывается на безопасности движения.

**Видимость дороги и объектов.** При описании системы ВАД следует различать физиологическую и геометрическую видимость (дальность и углы видимости).

*Физиологическая видимость* дороги и объектов характеризует зрительный процесс водителя и возможность зрительного обнаружения объекта. Она зависит от яркостей фона  $L_{\phi}$  и объекта  $L_{об}$ , угловых размеров объекта и оценивается величиной яркостного контраста (с учетом углового размера объекта)

$$K = (L_{об} - L_{\phi}) / L_{\phi}.$$

Чем выше значение  $K$ , тем виднее объект на фоне дороги, тем больше вероятность распознавания его водителем. Поэтому видимость принято определять отношением фактического контраста  $K_{\phi}$  к его пороговому значению  $K_{пор}$

$$V = K_{\phi} / K_{пор}.$$

Пороговое значение контраста связано с пороговыми значениями параметров объекта и яркостью фона следующим соотношением:

$$K_{пор} = 1 / (b L_{\phi}^{1-a}),$$

где  $L_{\phi}$  — яркость фона (адаптации), кд/м<sup>2</sup>;  $a$  и  $b$  — постоянные коэффициенты, величина которых зависит от углового размера объекта и яркости фона.

Таким образом, видимость объектов в общем случае при неограниченном времени наблюдения определяется контрастом объекта с фоном, угловым размером объекта и уровнем яркости адаптации.

При автомобильном освещении (даже в условиях свободного движения) работа зрительного анализатора водителя может осложняться из-за неравномерного распределения яркости в поле зрения, динамичности движения автомобиля, дорожных и метеорологических условий, влияющих на прозрачность атмосферы и лобового



стекла. Вследствие этого, а также из-за ограниченного времени опознавания вместо порогового значения контраста следует принимать его критическое значение  $K_{кр}$  (значительно превышающее пороговое). Условие видимости в этом случае характеризуется следующим соотношением:

$$K_{\phi} \geq K_{кр}.$$

В условиях стесненного и сложного движения автомобилей (при встречном разъезде) видимость в значительной степени определяется также слепящим действием фар встречных автомобилей. В этом случае количественной мерой ослепления является коэффициент ослепленности, который принято определять отношением разностей пороговых яркостей при наличии и отсутствии слепящих источников:

$$c = \Delta L_c / \Delta L, \quad (79)$$

где  $\Delta L_c$  — разность пороговых яркостей при наличии слепящих источников;  $\Delta L$  — то же, при отсутствии слепящих источников.

Ослепление отсутствует при  $c = 1$ . Если  $c > 1$ , то слепящий источник оказывает определенное слепящее действие, повышающееся с увеличением  $\Delta L_c$ . При освещении дороги фарами выражение (79) имеет вид

$$c = 1 + (0,57 c_L / L_{\phi}) \sum_{i=1}^n (E_{зр i} / \theta_i^m),$$

где  $c_L$  — коэффициент, зависящий от яркости  $L_{\phi}$  фона (адаптации), кд/м<sup>2</sup>;  $n$  — число фар на встречном автомобиле;  $E_{зр i}$  — освещенность зрачков водителя, создаваемая фарой встречного автомобиля, лк;  $\theta_i$  — угол действия слепящего источника, отсчитываемый от оси движения встречного автомобиля, °;  $m$  — показатель степени, зависящий от величины  $\theta$  ( $m = 2$  при  $\theta \geq 1,5^\circ$  и  $m = 3,5$  при  $\theta < 1,5^\circ$ ).

**Дальность видимости.** Дальность видимости объектов на дороге (геометрическая видимость) служит основной характеристикой условий видимости, так как с ней связаны важнейшие параметры движения — скорость и остановочный путь автомобиля.

Дальность видимости объектов на дороге можно определить как расстояние, на котором видимость  $V \geq 1$ , т. е.

$$K_{\phi} \geq K_{кр}.$$

Безопасность движения автомобиля по условиям дальности видимости объектов на дороге определяется величиной остановочного пути автомобиля, вычисляемого по формуле

$$S_o = vt_{сум} + \frac{v^2}{2g\phi_x} K_{\phi} + \mu v,$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля, м/с;  $t_{сум} = t_p + t_{пр} + 0,5 t_y$  ( $t_p$  — время реакции водителя, с;  $t_{пр}$  — время срабатывания тормозного привода;  $t_{пр} = 0,2$  и  $0,6$  с соответственно для гидро-



привода и пневмопривода одиночных автомобилей и  $t_{пр} = 2$  с для пневмоприводов автопоездов;  $t_y$  — время нарастания замедления, с);  $\varphi_x$  — коэффициент сцепления;  $K_a$  — коэффициент эффективности торможения;  $\mu$  — эмпирический коэффициент, учитывающий увеличение времени реакции водителя ночью при повышении скорости движения; принимается равным 0,5 с целью получения запаса надежности по остановочному пути.

При движении автомобиля, особенно в темное время суток водителю необходима видимость не только в пределах угла острого зрения, но и в пределах так называемых информативных зон.

Информативными зонами видимости водителя называются зоны, в пределах которых ему необходимо получать исчерпывающую зрительную информацию об окружающей обстановке (направлении дороги; расположении основных геометрических элементов и элементов обустройства дороги, регулирующих дорожное движение; препятствиях в виде пешеходов и других участников движения; разрушениях, выбоинах и случайных предметах на проезжей части). Перечисленные источники информации обычно находятся на некотором расстоянии от оси зрения водителя, поэтому обеспечение физиологической и геометрической видимости необходимо не только по оптической оси, но и в пределах необходимых для водителя углов видимости.

**Измерительные экраны.** Для имитации перспективы автомобильной дороги и информативных зон на ней, а также для сопоставления светотехнических характеристик фар с контрольными зонами и точками служат измерительные экраны. Каждый из них предназначен для какого-либо определенного вида освещения, однако все они основаны на системе угловых градусов. Наиболее наглядным является европейский измерительный экран, предназначенный для оценки светораспределения фар ближнего света европейского типа.

Распределение света фар (рис. 47 и 48) регламентируется освещенностью (силой света) в контрольных точках и зонах экрана, согласно Правилам № 1 ЕЭК ООН, предусматривающим минимально и максимально допустимые величины освещенности.

В Правилах ЕЭК ООН нормирование светораспределения проводится в единицах освещенности — люксах (лк), хотя целесообразнее нормировать его в единицах силы света — канделах (кд). Пересчет единиц производится по известной формуле квадратов расстояний

$$E = I/S^2,$$

где  $E$  — вертикальная освещенность, создаваемая фарой на измерительном экране (дороге), лк;  $I$  — сила света фары в заданном направлении, кд;  $S$  — расстояние от фары до измерительного экрана (точки дороги), м.

Подобные измерительные экраны существуют для фар различных типов ближнего света, дальнего света, противотуманного света, а также для световых пучков фар с галогенными лампами. Все экраны имитируют информативные зоны и точки дороги и предметы на ней. При измерении светораспределения фары экран устанавливается перед ней на строго определенном расстоянии.



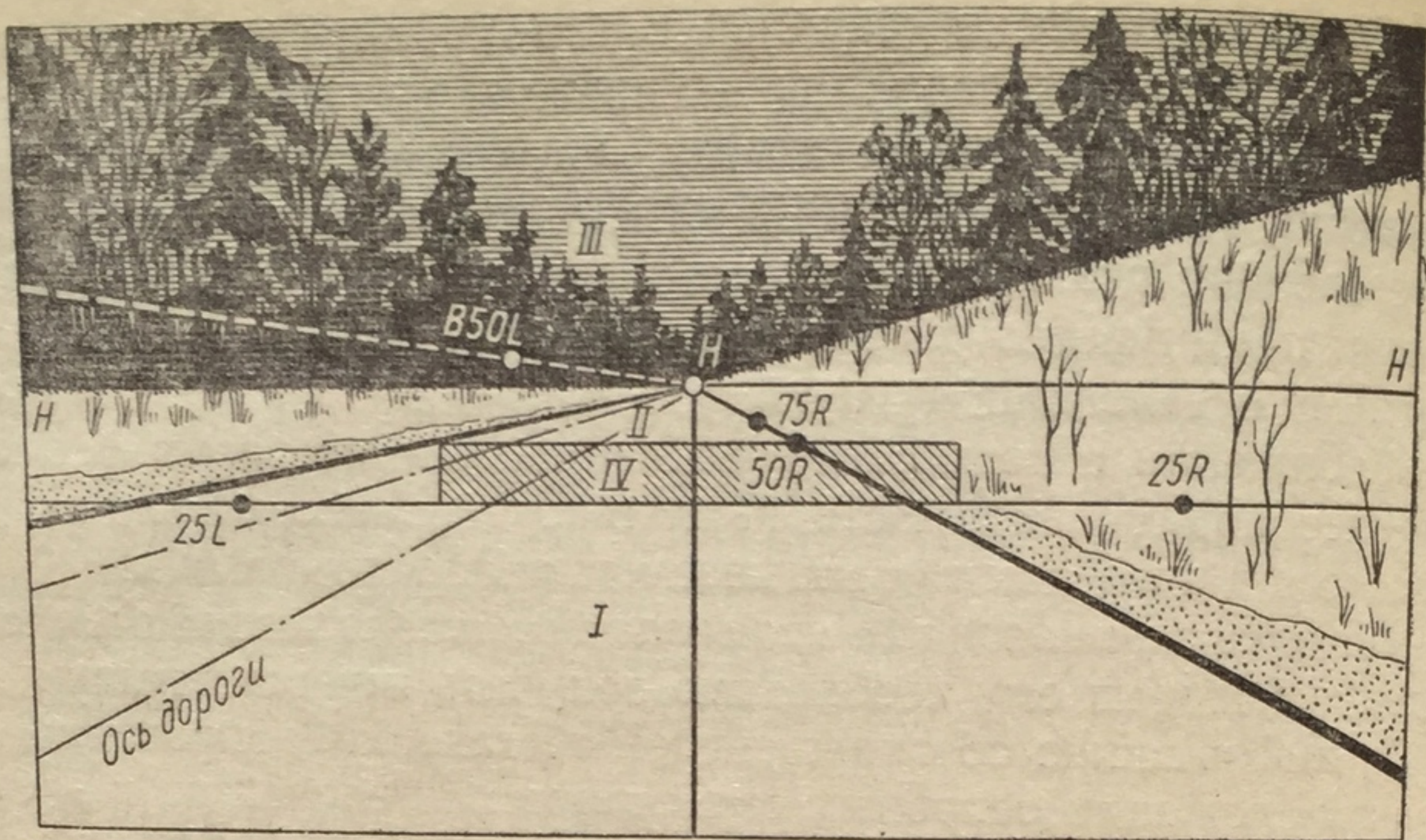


Рис. 47. Перспектива двухполосной автомобильной дороги с контрольными точками и зонами (числа означают расстояние от автомобиля в м):  
 HH — линия горизонта; R — точки, расположенные справа от оси дороги; L — точки, расположенные слева от оси дороги; I — зона, находящаяся непосредственно перед автомобилем; II — зона максимальной освещенности при дальнем свете; III — неосвещенная зона выше светлой-темной границы; IV — зона максимальной освещенности при ближнем свете

Для создания необходимых условий видимости дороги автомобиль достаточно оборудовать фарами четырех типов: ближнего света, дальнего света, широкоугольно-противотуманного света, скоростного света (прожекторы дальнего действия).

Число, расположение, цвет и углы видимости фар регламентируются международным документом ISO-R-303; в СССР — ГОСТ 8769—75.

К фарам при оборудовании ими автомобиля предъявляются требования, приведенные ниже.

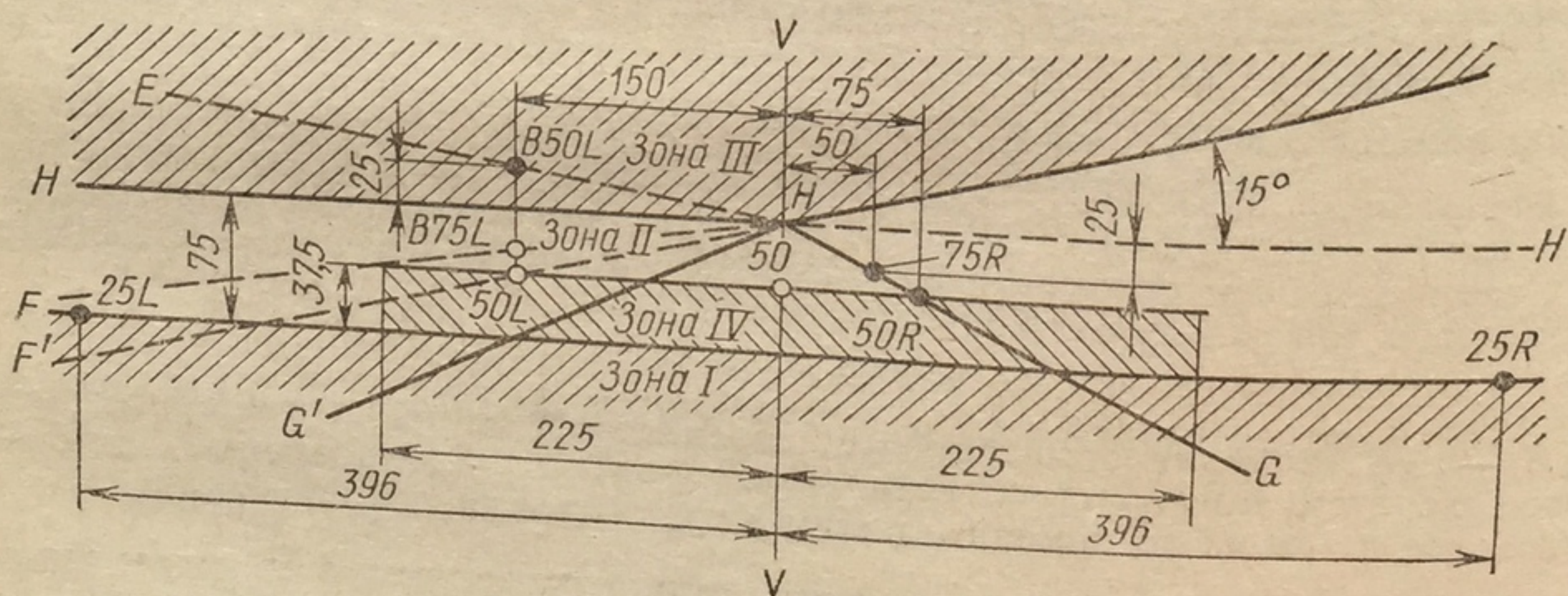


Рис. 48. Разметка контрольного экрана для европейского асимметричного ближнего света (размеры указаны в см):  
 VV — ось правой полосы движения; HE — траектория движения глаз водителя встречного автомобиля; HG — правая обочина дороги; HG' — осевая линия дороги; HF — левая обочина дороги; HF' — траектория движения встречного автомобиля; I—IV — зоны (см. подпись к рис. 47)

Фары ближнего света перед автомобилями должны быть обязательно включены при встрече с автомобилем (ослепленение). Фары должны быть направлены от плоскости симметрии автомобиля, перпендикулярно к плоскости, перпендикулярной к плоскости, перпендикулярной к плоскости. Цвет фар должен быть белым.

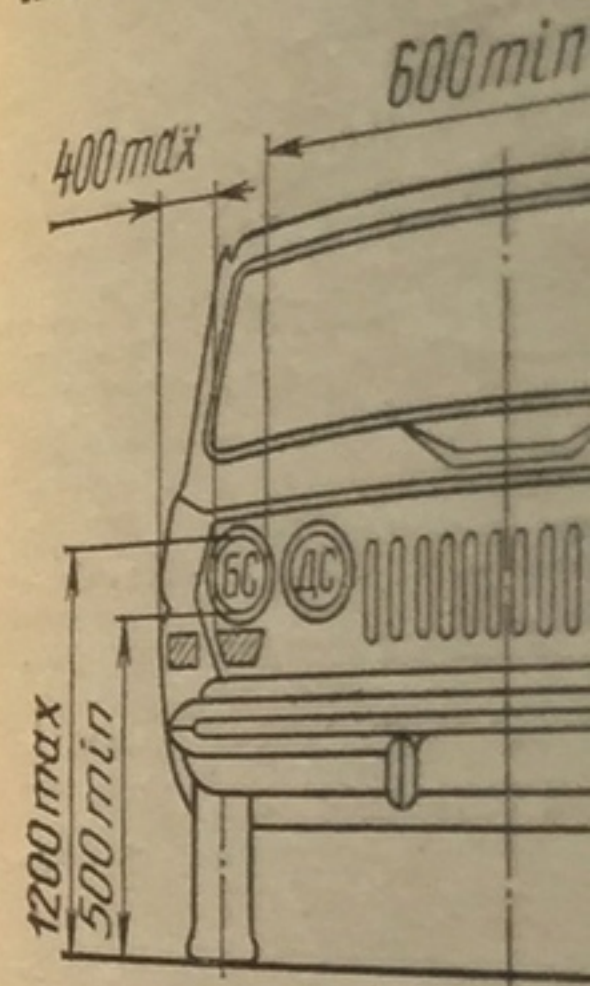


Рис. 49. Размещение

БС — фары ближнего света; 3 — указатели поворота; 3 —

Фарами дальнего света перед автомобилями должны быть обязательно включены при встрече с автомобилем. Автомобиль должен быть белого или желтого цвета. Фары широкоугольного света должны быть направлены от плоскости симметрии автомобиля, перпендикулярно к плоскости, перпендикулярной к плоскости, перпендикулярной к плоскости. Цвет фар должен быть белым.

Применение фар на автомобилях должно быть обязательно. Установка фар должна быть обязательной. Применение фар на автомобилях должно быть обязательным. Установка фар должна быть обязательной. Применение фар на автомобилях должно быть обязательным. Установка фар должна быть обязательной.



Фары ближнего света предназначены для освещения дороги впереди автомобиля при нормальной прозрачности атмосферы с минимально возможным ослеплением водителей других транспортных средств при встречном разезде и при движении за автомобилем-лидером (ослепление возможно через зеркало заднего обзора).

Фары должны быть расположены спереди, на равном расстоянии от плоскости симметрии автомобиля, на одинаковой высоте и в одной плоскости, перпендикулярной к его продольной оси (рис. 49). Цвет фар должен быть белым или желтым, но обязательно одинаковым.

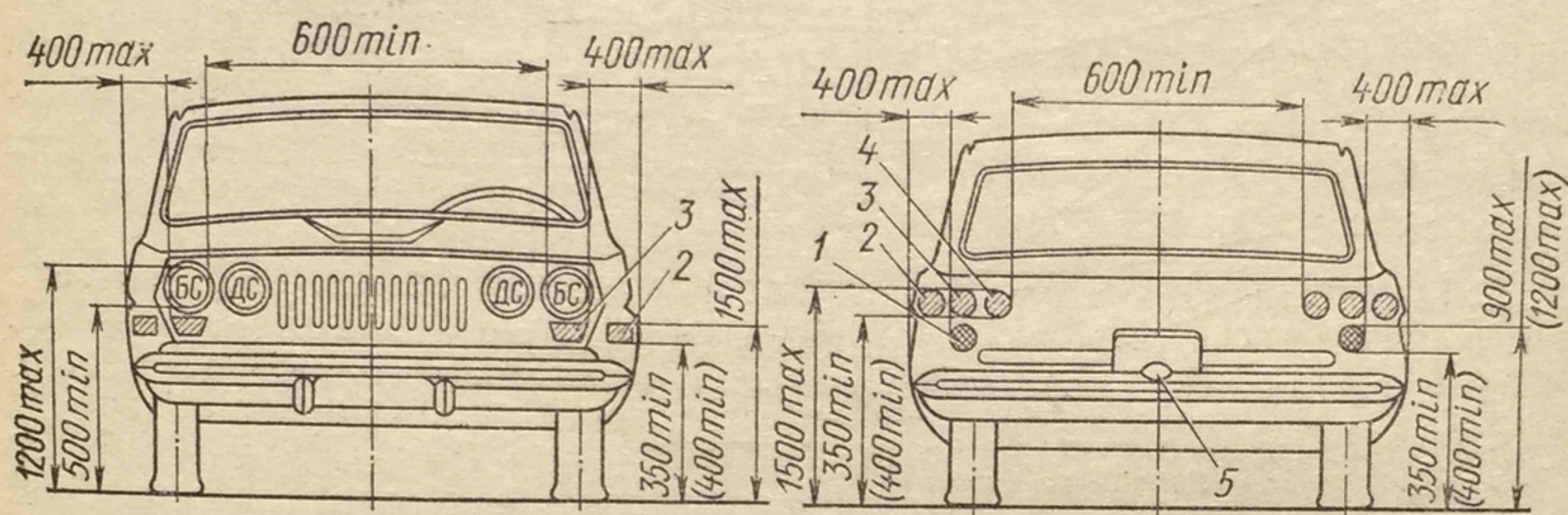


Рис. 49. Размещение обязательного комплекта световых приборов на передней и задней частях автомобиля:

БС — фары ближнего света; ДС — фары дальнего света; 1 — световозвращатели; 2 — указатели поворота; 3 — габаритные огни; 4 — сигналы торможения; 5 — фонарь освещения номерного знака

Фарами дальнего света пользуются для освещения дороги впереди автомобиля в свободном режиме движения (отсутствуют встречные транспортные средства) при нормальной прозрачности атмосферы. Автомобиль должен иметь не менее двух фар дальнего света, расположенных спереди на равном расстоянии от плоскости симметрии, на одинаковой высоте и в одной плоскости (рис. 49). Они могут быть белого или желтого цвета.

Фары широкоугольно-противотуманного света предназначены для улучшения освещения дороги при движении автомобиля по горизонтальным участкам дорог с закруглениями малых радиусов, проезде пересечений, перекрестков и во всех случаях пониженной прозрачности атмосферы (туман, дождь, снегопад и т. д.); их светораспределение в наибольшей степени соответствует условиям городского движения.

Цвет противотуманных фар должен быть белым или желтым, но обязательно одинаковым для обеих фар, установленных на автомобиле. Установка противотуманных фар на автомобиль не обязательна.

Применение фар-прожекторов дальнего действия (скоростного света) на автомобиле целесообразно лишь при высокой скорости на прямых участках при малоинтенсивном движении, а также при



предъявлении к автомобилю требований повышенной безопасности. Их расположение, цвет и светораспределение пока не оговариваются ни отечественными, ни международными документами.

**Ближний свет.** В настоящее время на все автомобили устанавливаются фары с европейской или американской асимметричными системами ближнего света.

Фары с европейской асимметричной системой ближнего света допускаются к эксплуатации во всех странах мира (в странах Западной Европы они являются обязательными, в странах—членах СЭВ пока только предпочтительными).

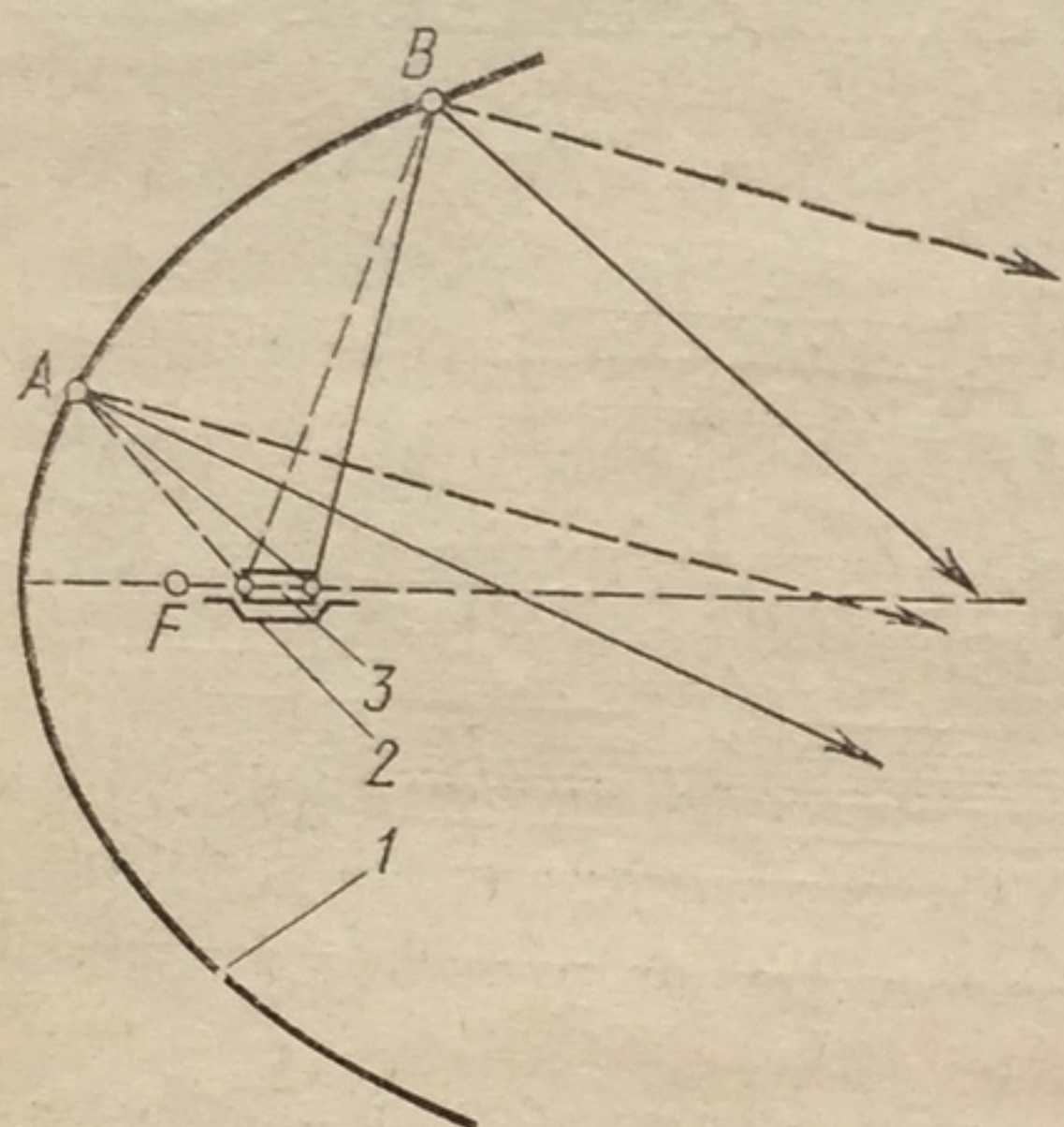


Рис. 50. Светооптическая схема и ход лучей ближнего света фары европейского типа:

A — вершинная часть отражателя; B — передняя часть отражателя; F — фокус отражателя; 1 — отражатель; 2 — экран нити накала ближнего света; 3 — нить накала ближнего света

В фарах с европейской асимметричной системой светораспределения оптический элемент (рис. 50) сделан в виде параболического отражателя с углом охвата более  $180^\circ$ . Нить 2 накала ближнего света (цилиндрической формы) расфокусирована вперед по оптической оси. При этом образуется быстро сходящийся световой пучок; часть его, отраженная от верхней части отражателя, направлена вниз; лучи, отраженные от нижней части отражателя, направлены вверх. Чтобы устранить лучи, направленные в сторону глаз водителя встречного автомобиля, нить ближнего света перекрывается снизу непрозрачным экраном. Экран имеет специальную форму: его правый борт горизонтален, а левый наклонен вниз под углом  $15^\circ$  к горизонту. Благодаря этому часть светового пучка, отраженная от сектора левой нижней части отражателя, открываемого срезом экрана, направляется вправо, чем достигается значительное увеличение силы света в направлении правой стороны дороги и правой обочины.

Система оптических микроэлементов европейского рассеивателя служит только для упорядочения светораспределения пучка. Кроме того, нижняя половина рассеивателя, не работающая при ближнем свете, предназначена для дальнего света, что, безусловно, улучшает параметры последнего. Вследствие этого система оптических микроэлементов европейского рассеивателя проще, чем американского. Световой пучок ближнего света такой фары благодаря особенностям ее светооптической схемы имеет резко выраженный асимметричный характер (см. рис. 47) и резкую светло-темную границу, правая часть которой поднимается под углом  $15^\circ$ . Распределение ближнего света европейской асимметричной системы регламентируется величиной освещенности в контрольных точках и зонах европейского экрана.

При проверке соосности фар с перспективой дорожной разметки (рис. 47 и 48). Точка пересечения лучей встречного автомобиля, т. е. совпадает с линией траектории движения точек траектории автомобилей. Сила света в люкс не менее 1250 кд.

Зона III характерна для силы света в люкс не менее 1250 кд.

Точки 50R и 75R соответствуют 50 и 75 кд. Требования равномерности света в них должны быть не менее 3750 кд.

Зона IV соответствует положенному на расстоянии по всей ширине дороги не менее 1250 кд.

Как было установлено при включенном свете можно судить о светораспределении.

Об уровне яркости в направлении участков дороги, оп...

где  $I_{50R}$  и  $I_{75R}$  — сила света проезжей части дороги автомобиля;  $I_{IV}$  — сила света в направлении участков дороги, оп...

где  $I_{50L}$  — сила света автомобиля, находящегося в направлении зон...

С достаточной для оценки яркости встречного водителя, характерности видимости, характерности оцениваемой фары:

$$k = \dots$$



При проверке соответствия фар требованиям Правил № 1 ЕЭК ООН следует совместить контрольные точки и зоны светового пучка с перспективой дороги, изображенной на измерительном экране (см. рис. 47 и 48). Точка  $B_{50L}$  характеризует расположение глаз водителя встречного автомобиля, находящегося на расстоянии 50 м от фары, т. е. совпадает с одной из наиболее опасных в отношении ослепления точек траектории перемещения глаз водителя при разъезде автомобилей. Сила света в этом направлении не должна превышать 200 кд.

Зона  $III$  характеризует пространство выше светло-темной границы, сила света в любой ее точке не должна превышать 440 кд (кроме точки  $B_{50L}$ ).

Точки  $50R$  и  $75R$  находятся на правой обочине дороги на расстоянии соответственно 50 и 75 м от автомобиля, поэтому исходя из требования равномерности распределения яркости в поле зрения сила света в них должна быть наибольшей (согласно Правилам № 1 не менее 3750 кд).

Зона  $IV$  соответствует участку дороги впереди автомобиля, расположенному на расстоянии от 25 до 50 м впереди автомобиля по всей ширине дороги; сила света в любой точке зоны должна быть не менее 1250 кд.

Как было установлено выше, о видимости дороги и объектов на ней при включенном ближнем свете фар с достаточной степенью точности можно судить по двум основным параметрам, зависящим от светораспределения: уровню яркости фона и слепящему действию.

Об уровне яркости фона дает представление средняя сила света в направлении преимущественно просматриваемых водителем участков дороги, определяемая по формуле (см. рис. 48)

$$I_{осв} = (I_{50R} + I_{75R} + I_{IV})/3,$$

где  $I_{50R}$  и  $I_{75R}$  — силы света фары в направлении правой кромки проезжей части дороги на расстоянии соответственно 50 и 75 м от автомобиля;  $I_{IV}$  — сила света фары в зоне  $IV$ .

О слепящем действии светового пучка фар можно судить по средней силе света, рассчитываемой по выражению

$$I_{осл} = (I_{B_{50L}} + I_{III})/2,$$

где  $I_{B_{50L}}$  — сила света в направлении глаз водителя встречного автомобиля, находящегося в 50 м от фары;  $I_{III}$  — сила света фары в направлении зоны  $III$ .

С достаточной для практики точностью о видимости дороги и объектов на ней можно судить по величине отношения средней силы света, направленного на дорогу, к средней силе света в направлении глаз водителя встречного автомобиля. Это отношение — показатель видимости, характеризующий условия видимости дороги в свете оцениваемой фары:

$$k = \frac{I_{осв}}{I_{осл}} = \frac{2}{3} \left( \frac{I_{50R} + I_{75R} + I_{IV}}{I_{B_{50L}} + I_{III}} \right). \quad (80)$$



Фары, световой пучок которых отвечает требованиям Правил № 1 ЕЭК ООН, имеют следующее светораспределение:

силы света, которые могут вызвать ослепление водителя встречного автомобиля, невелики;

силы света, определяющие уровень фона, также малы;

показатель видимости  $k$ , рассчитанный по формуле (80), составляет небольшую величину.

Следовательно, фары, параметры светораспределения которых не превышают величин, рекомендуемых Правилами № 1 ЕЭК ООН, не могут обеспе-

чить удовлетворительных условий видимости при встречном разезде автомобилей.

Если проанализировать показатели светораспределения лучших образцов отечественных и зарубежных фар с европейским асимметричным распределением ближнего света, то можно сделать вывод, что при некотором снижении  $I_{осл}$  у них значительно увеличена  $I_{осв}$ , благодаря чему показатель видимости  $k$  имеет большую величину. Таким образом, эти фары обеспечивают удовлетворительные условия видимости при встречном разезде автомобилей.

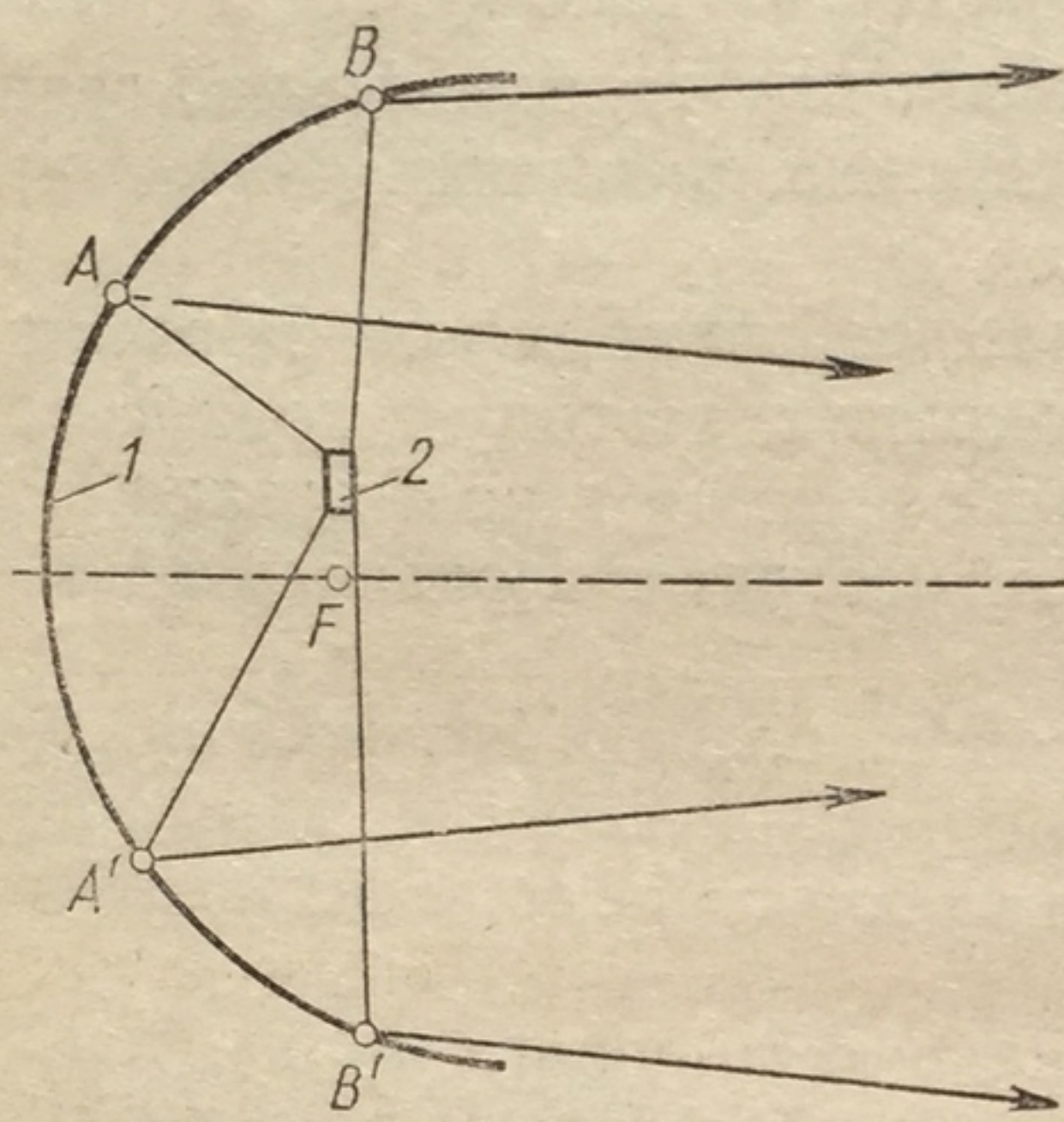


Рис. 51. Светооптическая схема и ход лучей ближнего света фары американского типа:

$A$  и  $A'$  — вершинные части отражателя;  $B$  и  $B'$  — передние части отражателя;  $F$  — фокус отражателя; 1 — отражатель; 2 — нить накала ближнего света

Фары с американской системой ближнего света допускаются к эксплуатации в СССР и США, а также с рядом ограничений в некоторых странах Европы.

В фарах с американской системой распределения ближнего света оптический элемент (рис. 51) также представляет собой парабол-

ический отражатель с углом охвата более  $180^\circ$ . Нить накала ближнего света расфокусирована вверх и влево в фокальной плоскости, при этом работает весь отражатель. Лучи, исходящие от вершинной части отражателя, направлены вниз и вправо. Лучи, исходящие от передней части отражателя, направлены вверх и влево.

Стекло рассеиватель в данном случае имеет большое значение, так как система его микроэлементов служит для перераспределения лучей, направленных вверх и влево (от вершинной части отражателя), вниз и вправо. Необходимость изменения с помощью рассеивателя структуры светового пучка, исходящего от отражателя, значительно усложняет его конструкцию и ужесточает требования к точности изготовления микроэлементов.

Кроме того, в фарах с американской системой распределения ближнего света работает вся поверхность отражателя. Система оптических микроэлементов рассеивателя рассчитывается так, чтобы обеспечивалось наилучшее распределение ближнего света, что неизбежно ведет к ухудшению распределения дальнего света. Благодаря особенностям светооптической схемы световой пучок ближнего света имеет асимметричный характер. При такой конструкции рас-

сеивателя преимуществ  
в сила света в напр  
ослепление водителей  
светло-темных границ  
Светораспределение  
ся величиной силы  
ются оптические элем  
только в виде гермети

При испытании фар с  
вия контрольных точек  
изображенной на рис. 47,

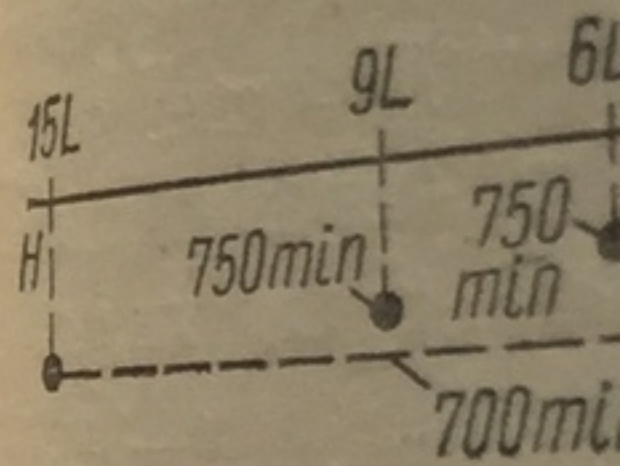


Рис. 52. Нормы ближнего света (числа п...  
D — ниже линии HH; U —

Нормирование больш...  
участок дорожного покр...  
системе отсутствует, хот...  
пейских нормах.

Контрольные точки, не совпадают с траектор...  
что в совокупности они...  
направлении точки B50...  
исследований образцов...  
ляет 500—1500 кд, а в...  
ближнего света фар с а...  
за) превышает те же п...  
распределением.

Точки, лежащие в п...  
движения автомобиля...  
30—80 м впереди автом...  
этом направлении знач...  
Показатель видим...  
канских ламп-фар, зн...  
определенную по Прави...  
европейского типа.

Сравнивая прини...  
скую системы ближ...  
основой европейс...  
водителя встречного...  
европейских фар; лу...  
не уступают амери...



сеивателя преимущественно освещается правая сторона дороги, а сила света в направлении влево выше горизонта, вызывающая ослепление водителей встречных автомобилей, снижается. Четких светло-темных границ световой пучок фары не имеет.

Светораспределение фар американской системы регламентируется величиной силы света в контрольных точках; в США выпускаются оптические элементы с американским светораспределением только в виде герметичных цельностеклянных ламп-фар.

При испытании фар с американским светораспределением путем совмещения контрольных точек ближнего света (рис. 52) с перспективой дороги, изображенной на рис. 47, можно сделать следующие выводы.

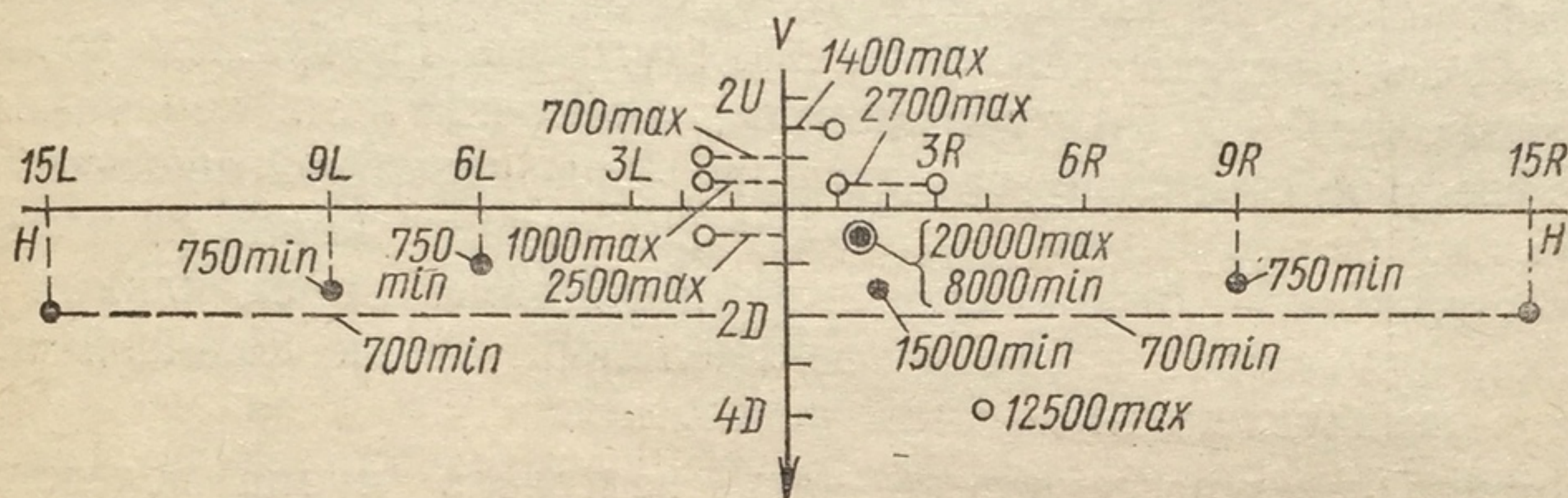


Рис. 52. Нормы ближнего света в кд фар с американским светораспределением (числа при буквах обозначают угловые градусы):

D — ниже линии HH; U — выше линии HH; L — влево от линии VV; R — вправо от линии VV

Нормирование больших зон поля зрения, охватывающих значительный участок дорожного покрытия или группу элементов дороги, в американской системе отсутствует, хотя количество нормируемых точек больше, чем в европейских нормах.

Контрольные точки, лежащие на левой и правой верхних областях экрана, не совпадают с траекторией движения глаз водителя, однако можно считать, что в совокупности они определяют силу света в зоне III, а о силе света в направлении точки B50L можно судить по результатам фотометрических исследований образцов американских ламп-фар; сила света в зоне III составляет 500—1500 кд, а в точке B50L — около 800 кд, т.е. слепящее действие ближнего света фар с американским распределением значительно (в 3—4 раза) превышает те же показатели фар с европейским асимметричным светораспределением.

Точки, лежащие в правой нижней части экрана, совпадают с траекторией движения автомобиля и правой обочиной дороги в диапазоне расстояний 30—80 м впереди автомобиля и характеризуют яркость фона. Сила света в этом направлении значительна; она намного превышает нормы ЕЭК ООН.

Показатель видимости  $k$ , рассчитанный по формуле (80), для американских ламп-фар, значительно (почти в 2 раза) превышает величину  $k$ , определенную по Правилам ЕЭК ООН, но уступает показателям лучших фар европейского типа.

Сравнивая принципиально различные европейскую и американскую системы ближнего света, необходимо отметить следующее: основой европейской системы является требование — не ослеплять водителя встречного автомобиля, которому отвечают все образцы европейских фар; лучшие из них по показателям освещения дороги не уступают американским, а зачастую и превосходят последние;



основой американской системы является требование — хорошо освещать дорогу, а требование — не ослеплять водителя встречного автомобиля выполняется по возможности.

Эти принципиальные различия европейской и американской систем, а также то, что принцип европейской системы успешно применяется в фарах с галогенными лампами, позволяют сделать вывод о перспективности европейской системы, в том числе и для СССР.

**Дальний свет.** Фары дальнего света с европейской и американской системами не имеют принципиального различия.

Чаще всего дальний свет совмещается в одной фаре с ближним (кроме четырехфарной системы освещения). Оптический элемент такой фары состоит из параболического отражателя с углом охвата более  $180^\circ$ , нити накала дальнего света (дуго- или П-образной формы), расположенной в фокусе отражателя, и рассеивателя, перекрывающего световое отверстие отражателя. При подобной светооптической схеме все лучи, исходящие от тела накала, попав на поверхность отражателя, отражаются в направлениях, параллельных оптической оси, образуя узкий параллельный пучок большой силы света с незначительным углом рассеяния.

Пройдя через рассеиватель, части светового пучка вследствие наличия на внутренней поверхности отклоняющих призм и рассеивающих линз перераспределяются и создают на дороге достаточно узкий пучок значительной силы света, обеспечивающий удовлетворительную (более 100 м) дальность видимости.

Распределение дальнего света фар с европейской системой регламентируется освещенностью (силой света) в контрольных точках экрана согласно Правилам № 1 ЕЭК ООН. Распределение дальнего света фар с американской системой регламентируется силой света в контрольных направлениях стандартов SAE, а в нашей стране — ГОСТ 3544—75\*.

Для анализа требований, предъявляемых к дальнему свету, следует совместить контрольные точки измерительного экрана (рис. 53) с перспективой дороги, изображенной на рис. 47.

Точка *H* (см. рис. 47) — точка схода перспективных линий, имитирующих основные элементы дороги, характеризует направление предельной дальности видимости дороги водителем. В этом направлении предусматривается наибольшая возможная сила света (около 30 000 кд), исходя из закона квадратов расстояний и требований равномерности распределения яркости в центральном поле зрения водителя. Силу света в этом направлении следует увеличивать как можно больше (но не более 150 000 кд от двух фар).

Группа точек (рис. 53): *H* — 2,5 *L*; *H* — 2,5 *R* и *H* — 5*L*; *H* — 5 *R* характеризует видимость обочин дороги и придорожной полосы на линии горизонта. Следует учитывать также, что при включенном дальнем свете не должно быть резких перепадов сил света в малых телесных углах. По этим двум причинам сила света в указанных направлениях должна быть по возможности большой.

Группа точек: 0,50  
характеризует видимость  
точно большим расстоянием  
впереди автомобиля.  
Широкоугольно-пр  
слой туманной атмос  
остальная часть его р  
по сравнению с рассея  
светового потока прои  
атмосферы.

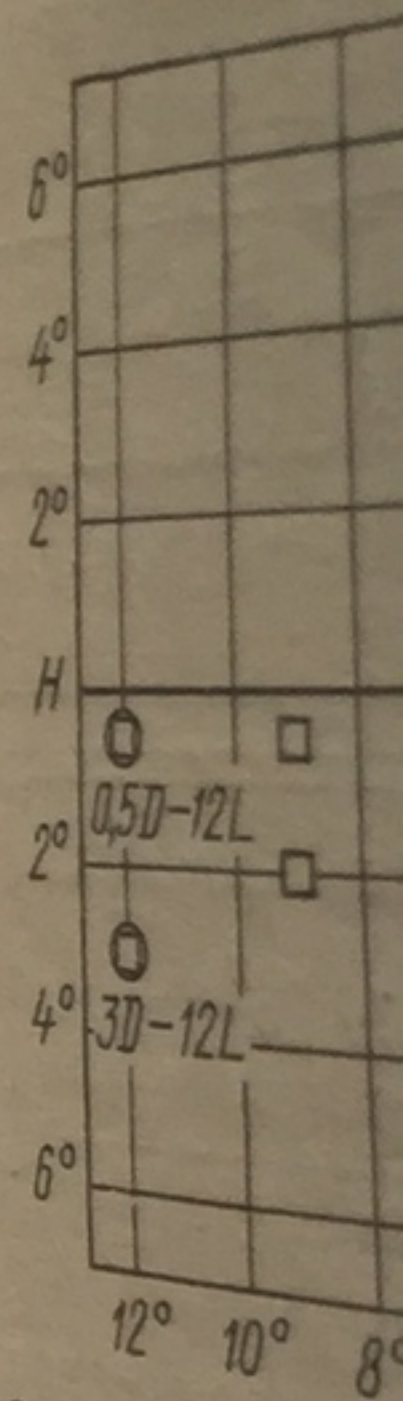


Рис. 53. Светораспреде

Δ — контрольные точки  
точка IV ВАЗ; □ — кон

Рассеяние света  
происходит следующим  
раздела двух сред, ча  
Вошедший внутрь час  
проходит через части  
отражений выходит и  
разных частиц-капель  
большими по сравне  
рассеяния в направле  
ного в противополо  
Таким образом,  
как источник, имеют  
а следовательно, об  
лениях.

При просмотре  
во время тумана  
покрытия накл  
называемая вуал  
на делает путь св  
тящейся атмосфе  
контраста.



Группа точек:  $0,5D - 12L$ ;  $0,5D - 12R$  и  $3D - 12R$ ;  $3D - 12L$  характеризует видимость обочин и придорожной полосы на достаточно большом расстоянии справа и слева в диапазоне 20—75 м впереди автомобиля.

**Широкоугольно-противотуманный свет.** При прохождении через слой туманной атмосферы световой поток частично поглощается, остальная часть его рассеивается. Доля поглощенного потока мала по сравнению с рассеянным, поэтому можно считать, что ослабление светового потока происходит в результате его рассеяния частицами атмосферы.

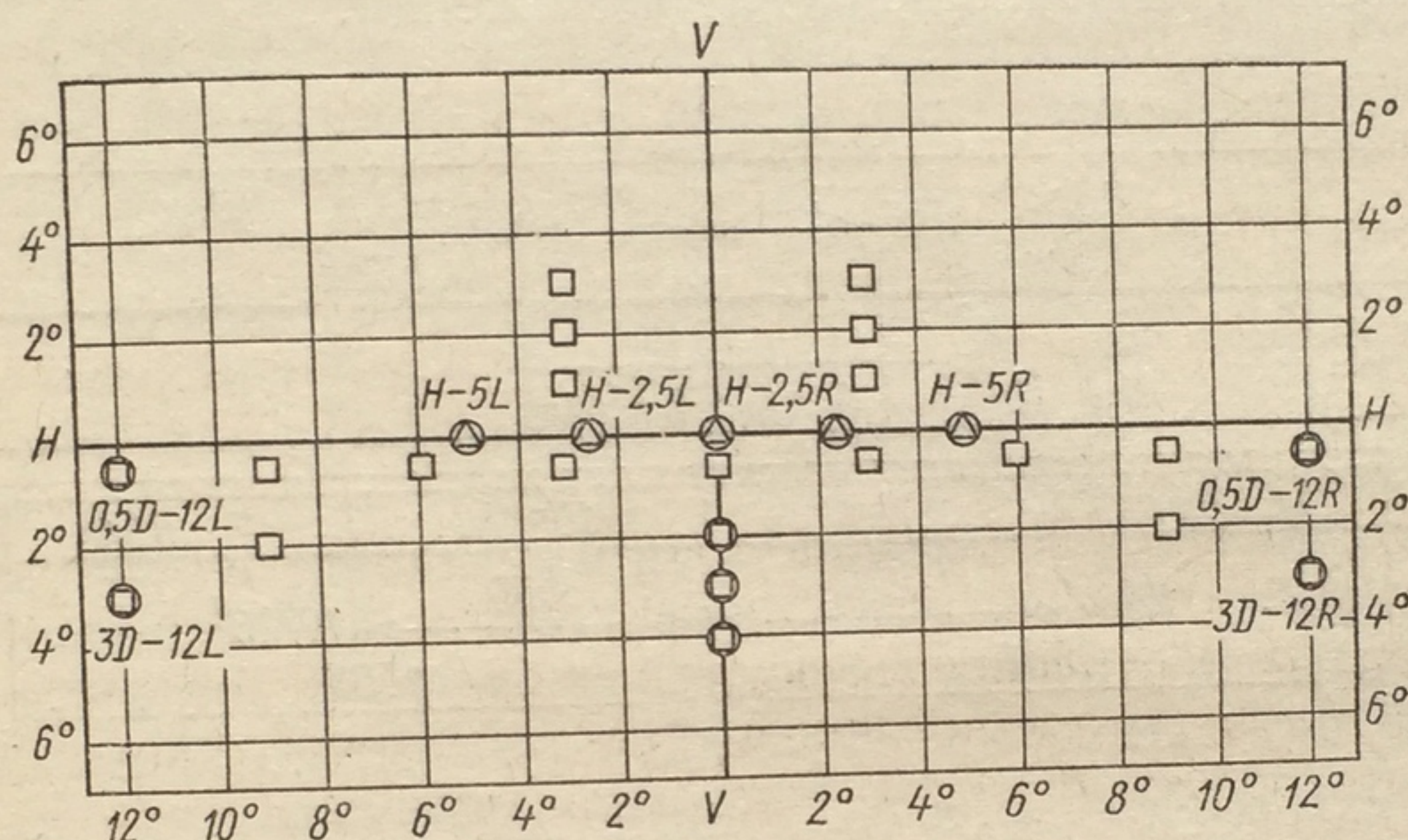


Рис. 53. Светораспределение фар дальнего света европейской и американской систем:

$\Delta$  — контрольные точки европейского светоизмерительного экрана;  $\circ$  — контрольные точки ТУ ВАЗ;  $\square$  — контрольные точки американского светоизмерительного экрана

Рассеяние света крупными частицами, например водяными каплями, происходит следующим образом. Световой поток, падая на поверхность раздела двух сред, частично отражается, остальная часть его проходит внутрь. Вошедший внутрь частицы световой поток делится на две части: одна часть проходит через частицу сразу, другая — после многократных внутренних отражений выходит из нее в различных направлениях. Для крупных прозрачных частиц-капель тумана, размеры которых можно считать бесконечно большими по сравнению с длиной волны падающего света, интенсивность рассеяния в направлении проходящего света в 24 раза больше, чем отраженного в противоположном направлении.

Таким образом, некоторый освещенный объем может рассматриваться как источник, имеющий определенную кривую распределения силы света, а следовательно, обладающий определенной яркостью в различных направлениях.

При просматривании дороги и препятствий на ней в свете фар во время тумана на яркость поверхности препятствия и дорожного покрытия накладывается рассеянная яркость светового пучка — так называемая вуалирующая яркость. Рассеяние света частицами тумана делает путь светового пучка видимым в темноте. Эта толщина светящейся атмосферы на линии зрения водителя ухудшает условия контраста.



Таким образом, действие туманной атмосферы заключается, во-первых, в ослаблении светового потока фар, что приводит к уменьшению освещенности дороги и препятствий на ней, и, во-вторых, в образовании светящейся толщи атмосферы вдоль линии зрения водителя, что приводит к значительному снижению контраста. При высокой точности изготовления элементов светооптической схемы и правильной регулировке противотуманных фар обеспечивается достаточная видимость дороги и препятствий на ней в темное время суток в условиях малой прозрачности атмосферы, а следовательно, появляется возможность увеличения скорости автомобиля при одновременном повышении безопасности движения.

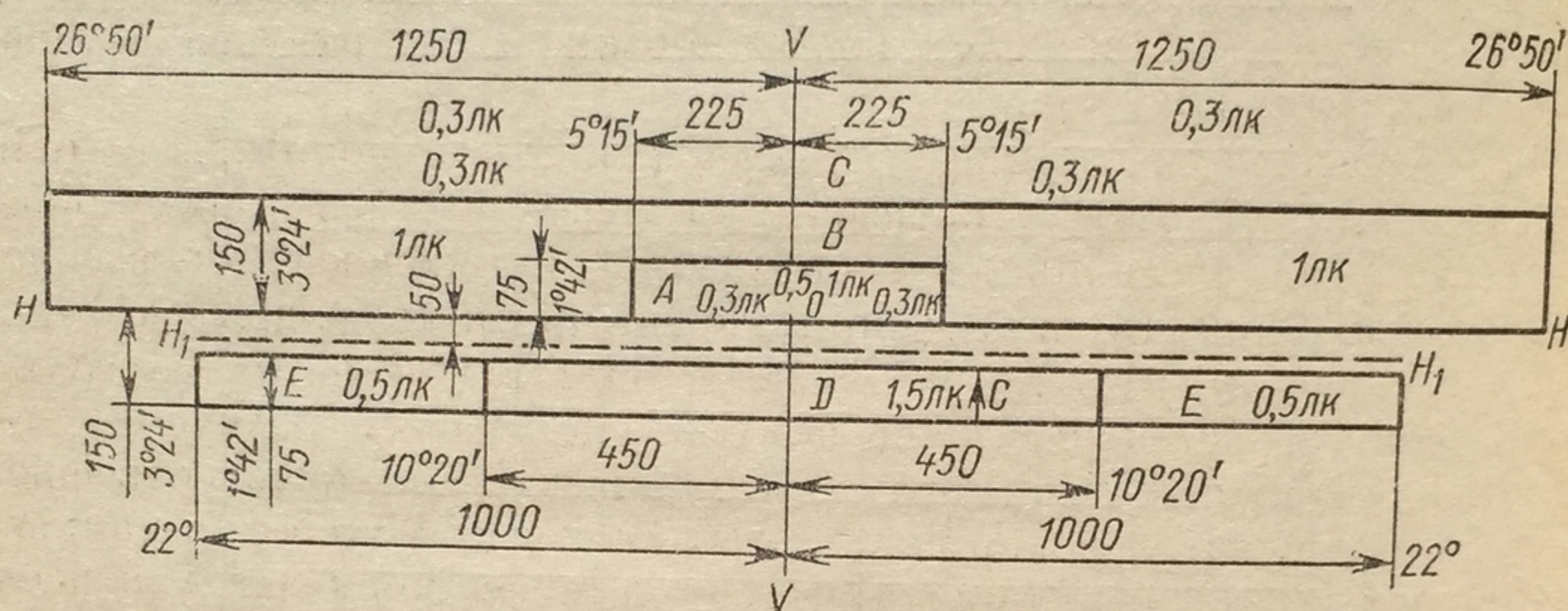


Рис. 54. Контрольный экран для широкоугольно-противотуманного света (размеры указаны в см)

Оптический элемент противотуманной фары состоит из лампы накаливания, нить которой расположена в фокусе параболического отражателя (с круглым или прямоугольным световым отверстием), экрана перед лампой, препятствующего выходу прямых лучей лампы, а также рассеивателя с вертикальными цилиндрическими линзами, служащими только для расширения светового пучка в горизонтальной плоскости. Цвет излучаемого света не имеет значения. Качество фары определяется ее светораспределением.

Международные требования к противотуманным фарам изложены в Правилах № 19 ЕЭК ООН. В качестве нормируемой величины рекомендуется принимать освещенность. Для проверки освещенности, которую дает противотуманная фара, необходимо пользоваться экраном (рис. 54), расположенным перпендикулярно к оптической оси фары на расстоянии 25 м таким образом, чтобы оптическая ось фары совпадала с точкой  $O$  экрана, через которую проходит горизонтальная линия  $HH$  и вертикальная  $VV$ .

Световой пучок противотуманной фары должен образовывать на экране на расстоянии не менее 225 см по обе стороны от линии  $VV$  четкую горизонтальную разделяющую линию  $HH$ , обеспечивающую возможность регулировки фары. Фара должна быть установлена таким образом, чтобы разделяющая линия на экране находилась на



расстоянии 50 см ниже линии  $NN$ . Отрегулированная фара должна удовлетворять требованиям, приведенным на рис. 54.

Выполнение требований, предъявляемых к широкоугольно-противотуманному свету, обеспечивает следующие условия видимости дороги.

Светло-темная граница  $H_1H_1$ , проходящая под линией  $NN$ , в значительной степени снижает слепящее действие противотуманной фары. В то же время сила света в направлении зон  $D$  и  $E$  создает удовлетворительную видимость дороги, обочин и придорожной полосы на расстоянии 20—30 м, что позволяет автомобилю безопасно двигаться в атмосфере малой прозрачности со скоростью не менее 8—11 м/с. Сила света в направлении зон  $A$ ,  $B$ , и  $C$  постепенно уменьшается, что предотвращает возникновение вуалирующей пелены в поле зрения водителя.

Угол рассеяния светового пучка противотуманной фары в горизонтальной плоскости должен быть не менее  $45^\circ$ . У лучших образцов фар угол рассеяния в горизонтальной плоскости превышает  $90^\circ$ . Эта особенность светораспределения противотуманных фар позволяет использовать их при движении автомобиля по горизонтальным участкам с закруглениями, особенно малых радиусов, так как благодаря большому углу рассеяния световой пучок освещает и участок дороги, лежащий за поворотом еще до изменения направления движения автомобиля. Намечается тенденция к еще большему увеличению угла рассеяния светового пучка противотуманных фар в горизонтальной плоскости.

Кроме перечисленных выше дорожно-транспортных ситуаций, применение широкоугольно-противотуманного света эффективно на слабоосвещенных улицах городов. В настоящее время при движении автомобиля в городе используется либо ближний свет, либо габаритные огни. И тот и другой варианты неудачны по ряду причин. Ближний свет ослепляет других участников движения, особенно правой частью пучка, приподнятой над горизонтом. Сравнительно малый угол рассеяния в горизонтальной плоскости не позволяет должным образом освещать боковые улицы, перекрестки, повороты и тротуары. Многие водители даже на неосвещенных улицах предпочитают пользоваться габаритными огнями. Габаритные огни, имея малую силу света (4—60 кд), не освещают дорогу перед автомобилем и не улучшают условия видимости дороги и объектов водителю. Для других участников движения габаритные фонари являются точечными огнями, ориентируясь на которые невозможно судить о расстоянии до автомобиля, скорости его движения и маневрах. Автомобиль, движущийся с габаритными огнями, особенно опасен для пешеходов.

Светораспределение широкоугольно-противотуманных фар является близким к идеальному для движения по неосвещенным улицам городов. Он обеспечивает водителю удовлетворительную для подобных дорожно-транспортных ситуаций дальность видимости и скорость движения (8—14 м/с), не слепит других участников движения, хорошо освещает повороты и перекрестки, служит надежным ориен-



тиром для пешеходов. Широкоугольно-противотуманные фары желательно устанавливать на все автомобили, постоянно работающие вечером в городе, прежде всего на легковые такси.

**Скоростной свет.** Дополнительные фары-прожекторы устанавливаются на автомобили, водителям которых, исходя из особых требований безопасности движения (пригородные, междугородные и междугородные автобусы), высокой эффективности использования транспортного средства (автопоезда, совершающие междугородные и междугородные перевозки) или высокой скорости (легковые автомобили высокого класса), необходимо создать очень хорошие условия видимости дороги и объектов на ней. Видимость в этом случае должна приближаться к дневной, т. е. должна быть обеспечена большая дальность видимости (не менее 200 м), значительный угол обзора в горизонтальной плоскости (не менее  $30^\circ$ ) и удовлетворительная неравномерность распределения яркости дорожного покрытия в центральном поле зрения (не более 1:3).

Оптический элемент фары-прожектора имеет светоптическую схему, принципиально подобную схеме дальнего света. Он состоит из параболического отражателя, односторонней лампы накаливания повышенной мощности (до 300 Вт) и рассеивателя с несложным набором микроэлементов. Все лучи, исходящие от тела накала, отражаются параллельно оптической оси и образуют узкий световой пучок значительной силы света. Проходя через микроэлементы рассеивателя, световой пучок несколько рассеивается в горизонтальной плоскости.

Светораспределение фар-прожекторов пока не регламентируется ни международными документами, ни отечественными стандартами, если не считать требования о максимальной суммарной силе света двух фар-прожекторов. Однако к ним могут быть предъявлены требования, подобные требованиям к дальнему свету.

Суммарная сила света всех фар дальнего и скоростного света не должна превышать 150 000 кд.

Следует отметить, что на автомобилях других типов (кроме перечисленных выше) применение фар скоростного света необходимо строго ограничивать, так как автомобиль с ними при высокой интенсивности движения, особенно если водитель недостаточно опытен, может стать источником повышенной опасности для всех участников движения.

**Фары с галогенными лампами.** Одним из наиболее перспективных направлений в автомобильной светотехнике является разработка осветительного оборудования с использованием галогенных ламп. Галогенная лампа представляет собой разновидность ламп накаливания, основной отличительной чертой которой является наличие паров галогена в колбе лампы.

Принцип работы галогенной лампы следующий. Пары галогена, вступая в реакцию с вольфрамом, осажденным на стенках лампы, образуют неустойчивое при высоких температурах соединение. Около нити накала (область высоких температур) происходит распад сое-

дивения галогена  
ла, что приводит  
По сравнению  
преимущества: ме  
ла и больший  
стенках колбы,  
вышенная яркост  
логенные лампы  
торая на 30% вы  
Дальность дей  
больше, чем у об  
(дальность дейст  
дальнего света со  
Фары с галоген  
междугородных и

#### 4. СИСТЕМА

Сигнальные фары  
альных дорожных  
нечной яркостью, с  
ков освещения и ес  
теля, на которого  
вибрации, свет фар  
чительно отличается  
ное восприятие одн  
но, информация, п  
адресованная всем  
регулирующим  
бы ее обнаружение  
Кроме того, кажды  
нать и правильно  
мени, достаточный  
действия, т. е. пер  
информация должн  
приниматься в люб  
условиях; быть по  
и пешеходов; полн  
надежной.  
В настоящее вр  
тельных для каждо  
боров: указатели  
Число, располо  
ментируются межд  
ГОСТ 8769—75. С



динения галогена с металлом, и последний осаждается на теле нака-  
ла, что приводит к его восстановлению.

По сравнению с обычными галогенные лампы имеют следующие преимущества: меньшая скорость испарения вольфрама с тела нака-  
ла и больший срок службы; отсутствует осаждение вольфрама на  
стенках колбы, что приводит к постоянству светового потока; по-  
вышенная яркость тела накала; при одинаковом сроке службы га-  
логенные лампы могут работать при температуре тела накала, ко-  
торая на 30% выше, чем в обычных лампах.

Дальность действия фар с галогенными лампами значительно  
больше, чем у обычных ламп накаливания, и может достигать 400 м  
(дальность действия лучших образцов фар с обычными лампами для  
дальнего света составляет 120—150 м).

Фары с галогенными лампами целесообразно устанавливать на  
международные автобусы и автомобили-тягачи, используемые для  
междугородных и международных перевозок.

#### 4. СИСТЕМА ВНЕШНЕЙ СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЯ

**Сигнальные фонари.** Внешние сигнальные огни автомобиля в ре-  
альных дорожных условиях наблюдаются на фоне, обладающем ко-  
нечной яркостью, обусловленной наличием искусственных источни-  
ков освещения и естественного света. Чувствительность глаза води-  
теля, на которого воздействуют различные раздражители (шум,  
вибрации, свет фар встречных автомобилей), в таких условиях зна-  
чительно отличается от абсолютной чувствительности, и зритель-  
ное восприятие одних и тех же огней будет различным. Следова-  
тельно, информация, выдаваемая сигнальными огнями автомобиля и  
адресованная всем участникам движения (водителям, пешеходам,  
регулирующим), должна быть сформирована таким образом, что-  
бы ее обнаружение, опознавание и истолкование были однозначны.  
Кроме того, каждый участник движения должен обнаружить, осоз-  
нать и правильно истолковать исходную информацию в период вре-  
мени, достаточный для принятия решения и совершения ответного  
действия, т. е. передаваемая с помощью светосигнальных приборов  
информация должна отвечать следующим требованиям: надежно вос-  
приниматься в любое время суток и при любых метеорологических  
условиях; быть понятной для всех участников движения, включая  
и пешеходов; полностью исключать двойственное толкование; быть  
надежной.

В настоящее время установлен минимальный комплект обяза-  
тельных для каждого транспортного средства светосигнальных при-  
боров: указатели поворотов, сигнал торможения, габаритные огни,  
фонарь освещения номерного знака.

Число, расположение, цвет и видимость сигналов регла-  
ментируются международным документом ISO-R-303, в СССР —  
ГОСТ 8769—75. Световые и цветовые характеристики, нормы и мето-



## 19. Требования к световым сигналам

19. Требования к световым сигналам									
Тип сигнала	Назначение сигнала	Сила света сигнала, кд		Углы видимости, °				Цвет сигнала	Количество
		максимальная	минимальная	в горизонтальной плоскости относительно оси транспортного средства		в вертикальной плоскости (вниз и вверх)			
				влево	вправо				
Передний указатель поворотов	Сигнализировать о намерении водителя изменить направление движения в дневное и ночное время	700	175	45	80	15	15	Оранжевый	2
Задний указатель поворотов	То же	200	50	45	80	15	15	То же	2
Задний двухрежимный указатель поворотов:									
днем	»	700	175	45	80	15	15	»	2
ночью	»	120	40	45	80	15	15	»	2
Боковой указатель поворотов	Сигнализировать водителю обгоняющего автомобиля о намерении водителя обгоняемого автомобиля изменить направление движения	60	3	—	60	15	15	»	2
Передний габаритный огонь	Обозначать габариты автомобиля в темное время суток и в условиях пониженной видимости	60	4	45	80	15	15	Белый Красный	2
Задний габаритный огонь	То же	12	2	45	80	15	15		2
Сигнал торможения	Сигнализировать о замедлении движения или об остановке автомобиля в любое время суток	100	40	45	45	15	15	»	2

Сигнал торможения, работающий в двух режимах:

днем

То же

520

130

45

45

15

15

»

2

ночью

»

80

30

45

45

15

15

»

2

Стояночный огонь:

Обозначать автомобиль на стоянке ночью или в условиях плохой видимости

передний  
задний

60

0,3

45

45

15

15

Белый

2

60

0,3

45

45

15

15

Красный

2

Фонарь освещения номерного знака

Освещение заднего номерного знака в темное время суток

Свечение в любой из точек измерительной таблицы должно быть не менее 2,5 кд/м<sup>2</sup>

Световозвращатель

Обозначать габариты автомобиля в темное время суток путем отражения света, излучаемого источником, находящимся вне этого автомобиля

—

—

—

—

—

—

—

Красный

2



## 19. Требования к световым сигналам

Тип сигнала	Назначение сигнала	Сила света сигнала, кд		Углы видимости, °				Цвет сигнала	Количество
		макси- мальная	мини- мальная	в горизонтальной плоскости относи- тельно оси транс- портного средства		в верти- кальной плоскости (вниз и вверх)			
				влево	вправо				
Передний указатель по- воротов	Сигнализировать о намерении водителя изменить направле- ние движения в дневное и ночное время	700	175	45	80	15	15	Оран- жевый	2
Задний указатель пово- ротов	То же	200	50	45	80	15	15	То же	2
Задний двухрежимный указатель поворотов:									
днем	»	700	175	45	80	15	15	»	2
ночью	»	120	40	45	80	15	15	»	2
Боковой указатель по- воротов	Сигнализировать водителю обгоняющего автомобиля о на- мерении водителя обгоняемого автомобиля изменить направ- ление движения	60	3	—	60	15	15	»	2
Передний габаритный огонь	Обозначать габариты автомо- биля в темное время суток и в условиях пониженной види- мости	60	4	45	80	15	15	Белый Красный	2
Задний габаритный огонь	То же	12	2	45	80	15	15		2
Сигнал торможения	Сигнализировать о замедлении движения или об остановке автомобиля в любое время су- ток	100	40	45	45	15	15	»	2

Сигнал торможения, работающий в двух режимах:

То же

520

130

45

45

15 15

2

80

30

45

45

15 15

2



Сигнал торможения, ра-  
ботающий в двух режи-  
мах:

днем

То же

520

130

45

45

15 15

»

2

ночью

»

80

30

45

45

15 15

»

2

Стояночный огонь:

передний  
задний

Обозначать автомобиль на  
стоянке ночью или в условиях  
плохой видимости

60

0,3

45

45

15 15

Белый

2

60

0,3

45

45

15 15

Красный

2

Фонарь освещения но-  
мерного знака

Освещение заднего номерного  
знака в темное время суток

Свечение в любой из точек измерительной таблицы должно быть  
не менее 2,5 кд/м<sup>2</sup>

Световозвращатель

Обозначать габариты авто-  
мобиля в темное время суток  
путем отражения света, излу-  
чаемого источником, находя-  
щимся вне этого автомобиля

—

—

—

—

— —

Красный

2



ды испытаний сигнальных огней в нашей стране регламентируются ГОСТ 10984—74\*, в Европе—Правилами № 4, 6, 7, 27, 38 ЕЭК ООН.

В нашей стране в автомобильной светотехнике используются европейские нормы безопасности, поэтому требования наших государственных стандартов, касающиеся светового оборудования транспортных средств, практически совпадают с требованиями Правил ЕЭК ООН. Основные требования к светосигнальному оборудованию автомобилей приведены в табл. 19 и на рис. 49.

Кроме перечисленных выше обязательных сигналов, существуют дополнительные световые сигналы и фонари, применяемые в некоторых странах: сигнал, обозначающий увеличение габарита автомобиля при открывании двери; световой сигнал, указывающий на внезапно возникшее аварийное состояние автомобиля (одновременное мигание всех четырех указателей поворота); стояночные световые сигналы; фонари заднего хода; фонари, обозначающие автопоезд; противотуманные задние фонари.

*Фонари (фары) заднего хода (2 шт.)* устанавливаются на задней части автомобиля симметрично его продольной плоскости. Они имеют бесцветный рассеиватель и служат для предупреждения других участников движения о перемещении автомобиля назад. Кроме того, эти фонари освещают водителю некоторое пространство позади автомобиля (не менее 5 м), поэтому правильнее называть их фарами заднего хода. Фарами заднего хода оснащены многие отечественные автомобили («Москвич-2140», «Москвич-412», ГАЗ-24 «Волга» и др.).

*Стояночные огни (передние и задние)* обычно располагают на передней или задней стойке кузова и конструктивно часто выполняют в одном фонаре. Их функция — обозначать автомобиль, находящийся на стоянке, все остальные огни которого выключены. Передние стояночные огни должны быть белого цвета, задние — красного. Огни стояночного света устанавливаются на некоторых отечественных автомобилях («Москвич-412», ГАЗ-24 «Волга»).

*Световой указатель автопоезда* выполняют в виде трех фонарей с рассеивателями оранжевого цвета или в виде треугольника оранжевого цвета. Он предназначается для установки его на крыше автомобиля как опознавательный сигнал наличия у автомобиля прицепа при движении в темное время суток, во время тумана и в других случаях малой прозрачности атмосферы.

*Сигнал опасного состояния автомобиля* включается в том случае, когда автомобиль из-за технической неисправности или болезненного состояния водителя представляет собой опасность для других участников движения (отказ рулевого управления, неисправность тормозной системы и пр.).

**Пути совершенствования сигнальных фонарей.** Для наилучшего восприятия каждый из сигналов должен отличаться от других по крайней мере двумя признаками из следующих трех: расположением фонарей (на расстоянии не менее 10 см один от другого); цветом; яркостью светящейся поверхности (для близко расположенных фонарей соотношение яркостей должно быть не менее 5:1).

Кроме п  
деляющих  
товых каме  
устройства  
боковому га  
габаритных  
ритными огн  
лов тормож

Для пов  
ных фонарей  
сти в много  
фонарей; уст  
совершенство  
их водителя

Существу  
лизации авт  
в связи со з  
транспортны  
транспортны  
жущихся вд  
ных средств  
в транспорт  
периферии.

Продолжа  
биях систем  
ся цветами, и  
и интенсивно  
двигателем, з  
сообразность  
гулировкой  
что позволит  
сигнала в ра  
ритных огней

§ 13. ВНУТ

К устройс  
ются панель  
мобиля. Ране  
ства относили

В процес  
нии систем и  
ция должна



Кроме перечисленных, можно назвать еще ряд признаков, определяющих совершенство фонарей; компактность; раздельность световых камер (при использовании общего корпуса для сигнального устройства); положение указателей поворота (как можно ближе к боковому габариту автомобиля); раздельное расположение камер габаритных огней и сигнала торможения; расстояние между габаритными огнями (как можно больше); высота расположения сигналов торможения и указателей поворотов (как можно выше).

Для повышения информативности современных систем сигнальных фонарей следует обратить внимание на рациональное (по видимости в многорядном транспортном потоке) расположение сигнальных фонарей; установление оптимального состава сигнальных приборов; совершенствование конструкции фонарей в отношении восприятия их водителями в различных дорожно-метеорологических условиях.

Существующее (низкое) расположение приборов внешней сигнализации автомобиля не вполне отвечает современным требованиям в связи со значительным увеличением плотности и интенсивности транспортных потоков. Водитель видит только сигналы соседних транспортных средств, так как световые приборы автомобилей, движущихся вдали, закрыты от него корпусами соседних транспортных средств. Это затрудняет водителю прогнозирование изменений в транспортном потоке, когда возмущения потока возникают на периферии.

Продолжается изучение целесообразности введения на автомобилях систем торможения с переменной яркостью (или меняющимися цветами, изменяющейся частотой мигания), характеризующих вид и интенсивность торможения: равномерное движение, торможение двигателем, экстренное торможение. Кроме того, исследуется целесообразность применения сигнальных фонарей с автоматической регулировкой силы света в зависимости от наружной освещенности, что позволит создать наилучшие условия для восприятия светового сигнала в различных условиях. Дебатируется вопрос о замене габаритных огней белого и красного цвета синими или зелеными огнями.

### § 13. ВНУТРЕННЯЯ ВИЗУАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

К устройствам внутренней визуальной информативности относятся панель приборов и устройства, улучшающие обзорность автомобиля. Ранее, до появления понятия информативность, эти устройства относили к элементам рабочего места водителя.

#### 1. ПАНЕЛЬ ПРИБОРОВ

В процессе движения водителю необходима информация о состоянии систем и агрегатов управляемого им автомобиля. Эта информация должна поступать к водителю в компактной закодированной



форме в виде показаний приборов и индикаторов из внутреннего сенсорного поля, т. е. со щитка приборов.

Панель приборов, как средство отображения информации, в наибольшей степени определяет внутреннюю визуальную информативность автомобиля. Панель приборов состоит из различных информационных индикаторов, которые должны снабжать водителя информацией о состоянии систем и агрегатов, о течении процессов в них, о скорости движения автомобиля в форме, пригодной для восприятия. Данные устройства отображения необходимо конструировать с учетом законов, управляющих восприятием, т. е. должно обеспечиваться быстрое прочтение и безошибочное (однозначное) понимание водителем визуальной информации, которая выносится на панель приборов.

Показания контрольно-измерительных приборов и сигнализаторов приборной панели автомобиля несут достаточно разнообразную информацию, которую по важности содержания можно разделить на информацию:

о состоянии систем автомобиля, непосредственно обеспечивающих безопасность движения;

о характеристике движения автомобиля в пространстве (скорость, уменьшение критического интервала при движении в потоке); об эксплуатационном состоянии систем и агрегатов;

прочие сведения.

По смыслу информацию делят на информацию о возникновении явления, его продолжительности или окончании; о тенденции развития процесса; о текущем состоянии объекта.

Схема на рис. 55 отражает наиболее распространенные виды информации, которую может получить водитель от контрольных приборов и сигнализаторов.

Современные требования к контрольным приборам распространяются на все приборы вновь проектируемых автомобилей. Эти требования регламентируют размещение панели приборов в кабине автомобиля, номенклатуру контрольно-измерительных приборов и сигнализаторов, а также принципы размещения контрольно-измерительных приборов и сигнализаторов на панели приборов.

Основное требование к компоновке панели приборов — сокращение времени восприятия водителем показаний приборов и сигнализаторов при условии получения информации в достаточном объеме. При проектировании приборного комплекса для рабочего места водителя следует прежде всего определить содержание и форму подачи зрительной информации с помощью средств отображения.

Все приборы и сигнализаторы на панели приборов необходимо размещать по функциональным зонам. Однако для сокращения времени задержки взгляда водителя внутри автомобиля при проектировании панели приборов следует учитывать также частоту обращения водителя к приборам. Чем ближе панель приборов располагается к нижней границе обзорности дороги перед автомобилем, тем на меньший угол будет отклоняться направление взгляда водителя при его переносе внутрь автомобиля и, следовательно, для этого потребуется меньше времени.

Водителю необходимо  
устройства, так и для  
считывания показаний  
порядке убывания ско-  
следующим образом:  
и вертикальная шкала  
шкалы, расстояние до  
рах стрелки должны бы-  
обнаружить стрелку, а

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ  
СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ  
НЕПОСРЕДСТВЕННО  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕ-  
ОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

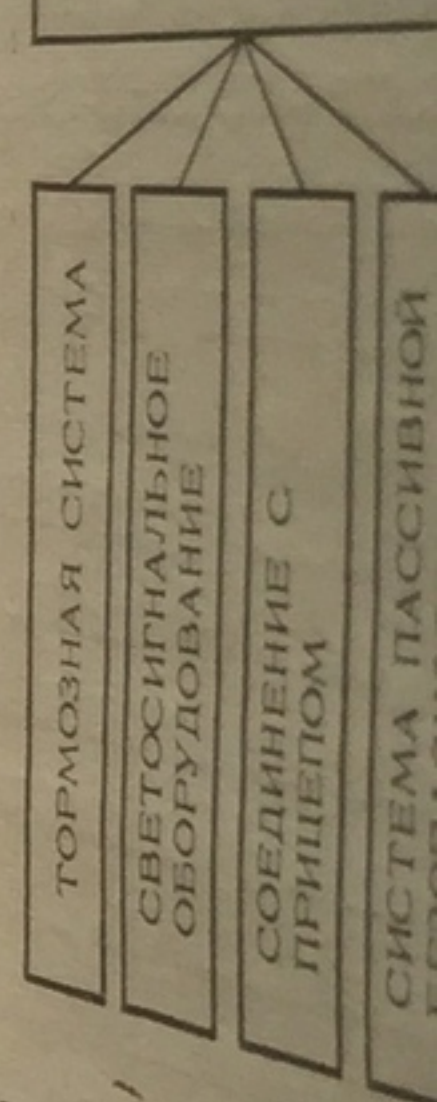


Рис. 55. Классификация

Шкалы индикаторов на о-  
вым направлением отсчет-  
на, при движении она не-  
Скорость обнаружен-  
увеличивается, если нару-  
ками группы приборов.

Большое значение д-  
заний приборов имеет  
удовлетворять двум пре-  
необходимо обеспечить  
и индикаторов в любое  
шкал приборов и индик-  
на световой адаптации

Скорость чтения по-  
боров зависит от раз-  
остроты зрения, угловы-  
ния, уровня освещеннос-  
возраста водителя и до-  
острота зрения дост-



Водителю необходимо время как для опознавания вида отображающего устройства, так и для прочтения его показаний. Установлено, что скорость считывания показаний приборов зависит от формы шкалы. Формы шкал в порядке убывания скорости считывания с них показаний располагаются следующим образом: круглые и полукруглые шкалы, узкие горизонтальная и вертикальная шкалы. На точность и скорость считывания влияют размер шкалы, расстояние до глаз, интервал между отметками. В шкальных приборах стрелки должны быть заметными, так как водитель прежде всего должен обнаружить стрелку, а затем прочесть цифру, которую она указывает.

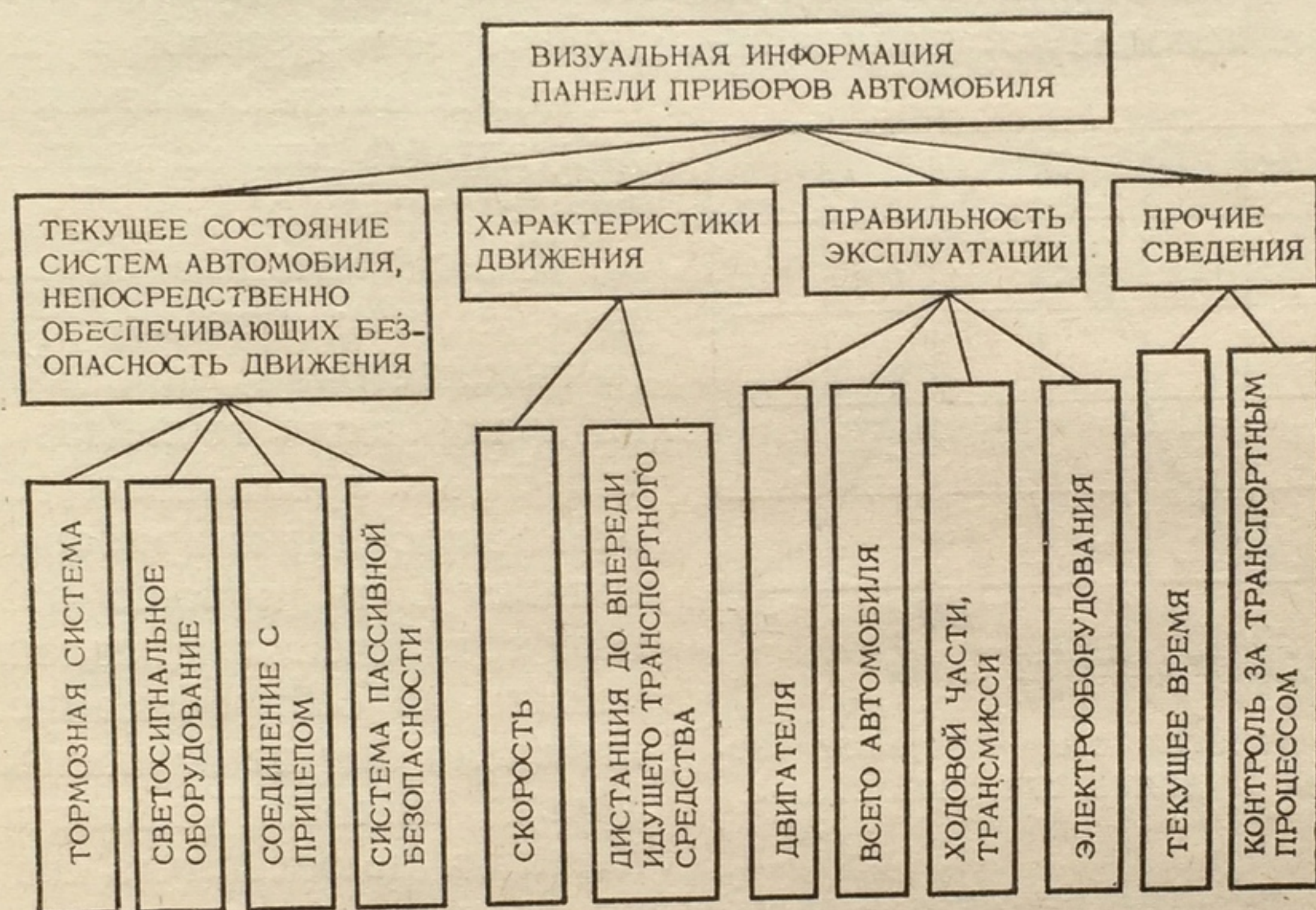


Рис. 55. Классификация визуальной информации, передаваемой водителю с панели приборов

Шкалы индикаторов на одной панели должны быть однотипными с одинаковым направлением отсчета. Подвижная стрелка должна быть хорошо освещена, при движении она не должна затемнять шкалу.

Скорость обнаружения изменений в показаниях отдельных приборов увеличивается, если нарушается («разрушается») фигура, образованная стрелками группы приборов.

Большое значение для повышения надежности считывания показаний приборов имеет освещение щитка приборов, которое должно удовлетворять двум противоречивым требованиям. С одной стороны, необходимо обеспечить одинаковую читаемость показаний приборов и индикаторов в любое время суток, с другой — яркость освещения шкал приборов и индикаторов не должна вызывать повышения уровня световой адаптации и ослепления водителя.

Скорость чтения показателей контрольно-измерительных приборов зависит от разрешающей способности глаза человека — от остроты зрения, угловых размеров и положения объекта в поле зрения, уровня освещенности и контраста между фоном и объектом, от возраста водителя и других факторов. Так, например, наибольшая острота зрения достигается при различении белого пятна на черном



Водителю необходимо время как для опознавания вида отображающего устройства, так и для прочтения его показаний. Установлено, что скорость считывания показаний приборов зависит от формы шкалы. Формы шкал в порядке убывания скорости считывания с них показаний располагаются следующим образом: круглые и полукруглые шкалы, узкие горизонтальная и вертикальная шкалы. На точность и скорость считывания влияют размер шкалы, расстояние до глаз, интервал между отметками. В шкальных приборах стрелки должны быть заметными, так как водитель прежде всего должен обнаружить стрелку, а затем прочитать цифру, которую она указывает.

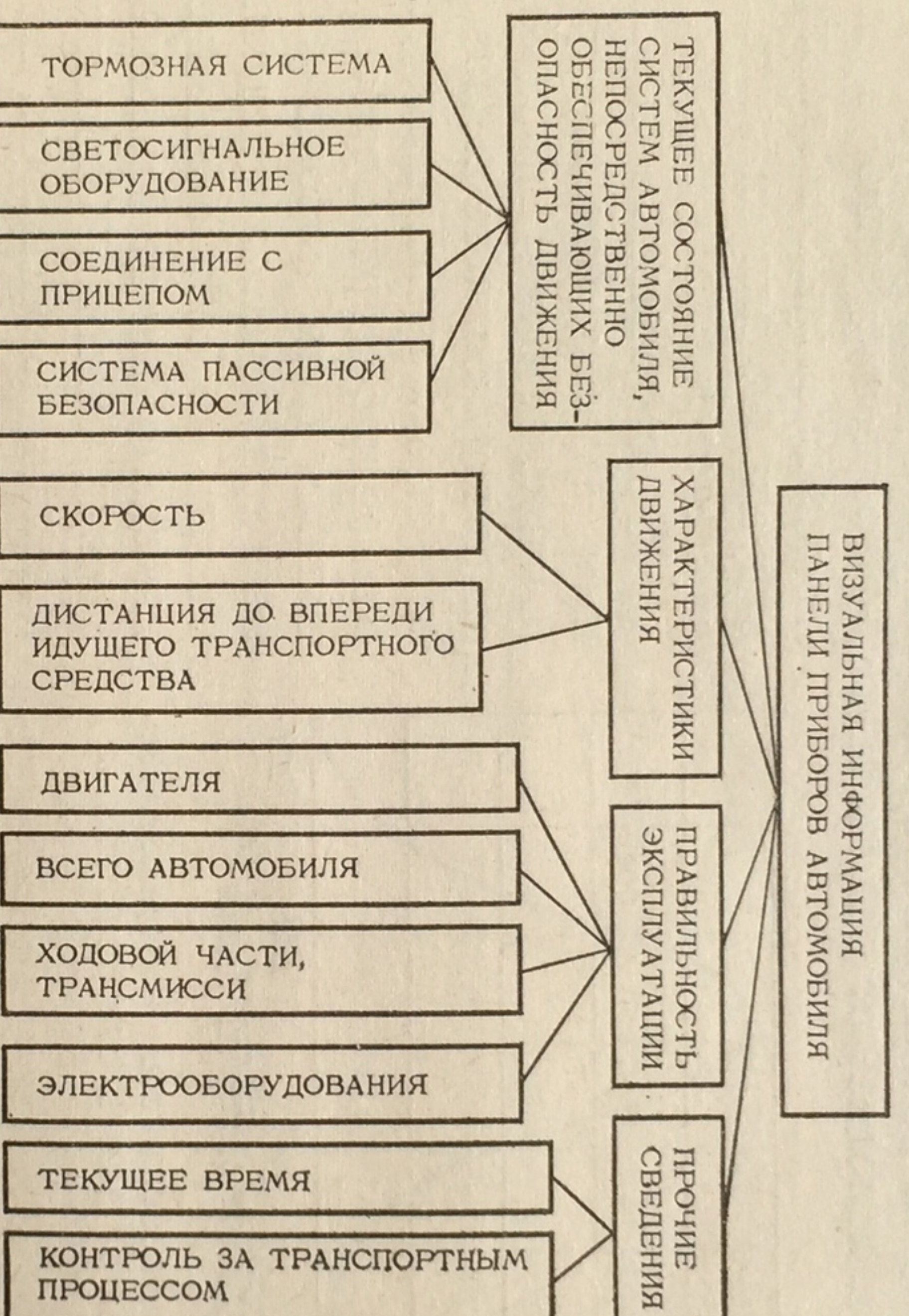


Рис. 55. Классификация визуальной информации, передаваемой водителю с панели приборов

Шкалы индикаторов на одной панели должны быть однотипными с одинаковым направлением отсчета. Подвижная стрелка должна быть хорошо освещена, при движении она не должна затенять шкалу.

Скорость обнаружения изменений в показаниях отдельных приборов увеличивается, если нарушается («разрушается») фигура, образованная стрелками группы приборов.

Большое значение для повышения надежности считывания показаний приборов имеет освещение шкала приборов, которое должно удовлетворять двум противоречивым требованиям. С одной стороны, необходимо обеспечить одинаковую читаемость показаний приборов и индикаторов в любое время суток, с другой — яркость освещения шкал приборов и индикаторов не должна вызывать повышения уровня световой адаптации и ослепления водителя.

Скорость чтения показателей контрольно-измерительных приборов зависит от разрешающей способности глаза человека — от остроты зрения, угловых размеров и положения объекта в поле зрения, уровня освещенности и контраста между фоном и объектом, от возраста водителя и других факторов. Так, например, наибольшая острота зрения достигается при различении белого пятна на черном



фоне. С уменьшением угла зрения, контрастности или яркости фона ясность восприятия объекта наблюдения снижается.

Точность чтения и время, затрачиваемое водителем на наблюдение за показаниями контрольно-измерительных приборов, зависят также от скорости процесса адаптации глаз, которая определяется прежде всего степенью освещения наблюдаемых объектов. Поэтому при выборе вида и яркости подсвета панели приборов следует по возможности не допускать возникновения зрительного дискомфорта от слепящего действия ламп подсвета приборов. Для подсвета шкал приборов используют заливающий, флюоресцирующий и электро-

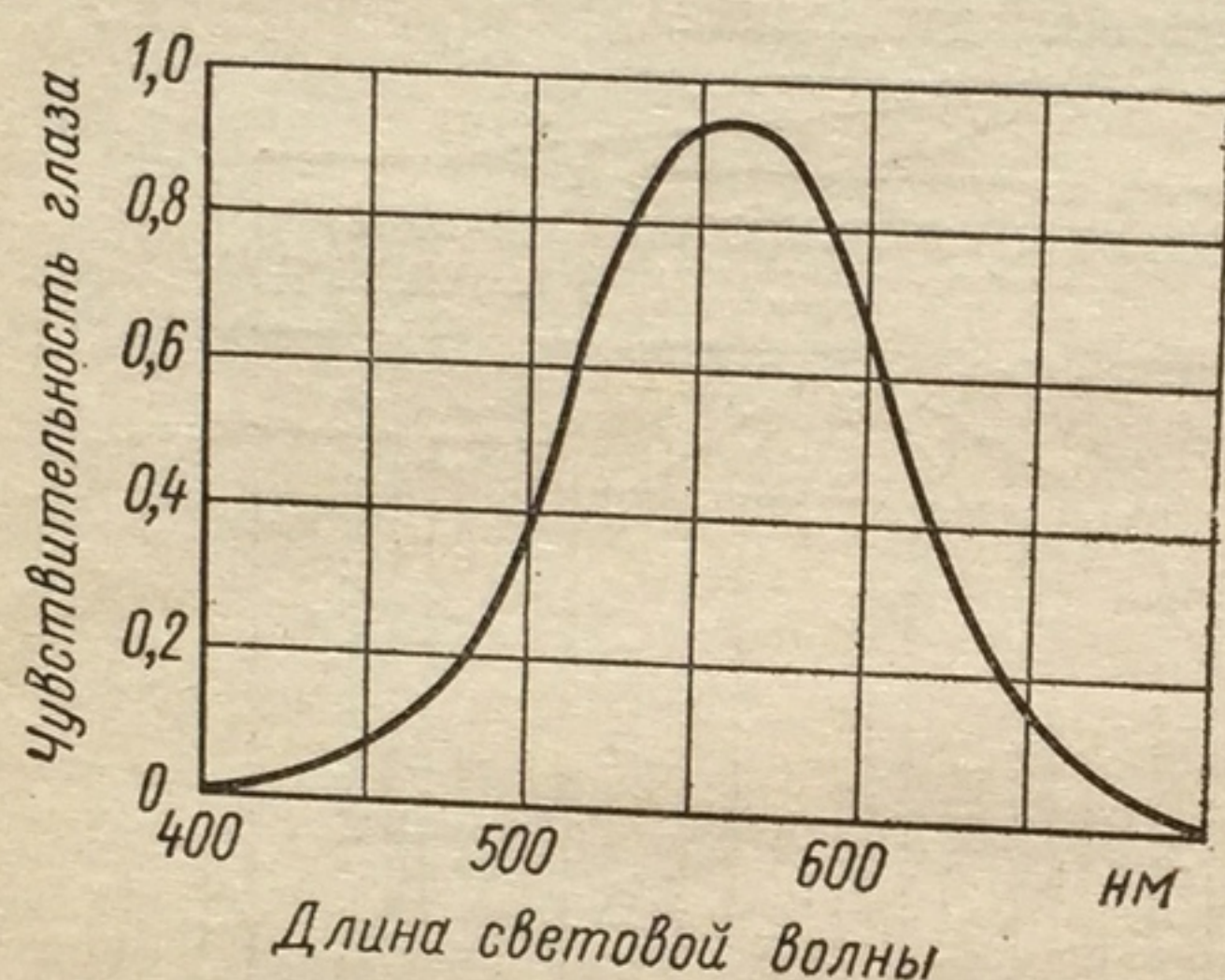


Рис. 56. Зависимость чувствительности глаз от длины световой волны

люминесцентный свет или индивидуальные для каждого прибора светопроводы.

К контрольным и сигнальным лампам панели приборов (сигнализаторам) предъявляются практически те же два противоречивых требования, что и к освещению щитка приборов. Они должны быть хорошо различимы и практически немедленно обращать на себя внимание. В то же время они не должны менять уровня световой адаптации водителя и не ослеплять его.

В настоящее время все световые сигнализаторы являются однорежимными, т. е. сила света ламп постоянна и не зависит от освещенности на рабочем месте водителя. Поэтому при однорежимных сигнализаторах практически нельзя одновременно обеспечить хорошую различимость при неизменном уровне световой адаптации и исключить ослепление водителя. Сигнализаторы должны быть хотя бы двухрежимными (для дневных и ночных условий движения); лучше многорежимными (в зависимости от уровня освещенности дороги).

К другим, не менее важным факторам, определяющим информативность сигнализаторов, относятся размеры их световых отверстий, цвет и расположение в поле зрения водителя.

Размеры сигнализаторов следует выбирать с учетом достижения четкости различения символа, нанесенного на светофильтр сигнализатора. Для обеспечения наилучшей читаемости светофильтр должен снижать влияние слепимости и отражений, сохранять резкость изображения (т. е. четкость символа), повышать контрастность освещенного индикатора. Для улучшения восприятия необходима разность яркостей освещенного символа и фона, т. е. контрастность, по сравнению с абсолютным уровнем яркости.

Цвет светофильтра имеет значение независимо от эстетических соображений. Как видно из рис. 56, для сигнализаторов может быть выбран различный цвет. Видимую часть спектра составляют волны длиной 380—708 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), т. е. от фиолетового до темно-



красного цвета. Максимум кривой спектральной чувствительности глаза характеризуется длиной волн около 550 нм в области зеленого цвета. Чувствительность глаза к красному цвету составляет менее 0,1 чувствительности к зеленому цвету. Это положение имеет значение для выбора мощности ламп накаливания, применяемых для сигнализаторов, в зависимости от цвета устанавливаемого светофильтра.

В настоящее время в нашей стране установлено обязательное число сигнализаторов приборной панели грузовых автомобилей и рекомендации по цвету, которые могут быть распространены на автомобили всех типов:

мигающая контрольная лампа указателя поворотов — зеленого цвета;

сигнализатор включения ближнего света и габаритных огней — зеленого цвета;

сигнализатор включения дальнего света — синего цвета;

указатель включения стояночной тормозной системы — красного цвета;

сигнализатор снижения давления в шинах прицепного устройства — красного цвета;

контрольные лампы — красного цвета, которые должны сигнализировать о давлении в пневмоприводе тормозной системы, давлении масла в двигателе и температуре воды в системе охлаждения.

Международные рекомендации, регламентирующие требования к внутренней сигнализации автомобиля, в настоящее время отсутствуют, имеются только предложения ISO по условным знакам и цветам контрольных устройств, подготовленные в 1969 г. и заключающиеся в следующем: красный, оранжевый и зеленый являются цветами, которые предлагается использовать для контрольных сигнальных устройств; эти цвета могут быть использованы как для мигающих, так и для постоянных огней; красный цвет рекомендуется для аварийной сигнализации, а также для сигнализации о недостаточном уровне жидкости в тормозной системе и давлении воздуха в шинах; зеленый цвет следует применять для контрольной лампы включения указателя поворотов (мигающий), габаритных огней и кондиционирования воздуха; оранжевый цвет рекомендуется для контрольной лампы включения ручного тормоза, заряда аккумуляторной батареи, давления масла в двигателе, температуры охлаждающей жидкости, а также для других контрольных ламп, расположенных вне поля зрения водителя; голубой цвет можно использовать для контрольной лампы включения дальнего и скоростного света фар.

Современный автомобиль снабжен большим количеством органов управления и сигнализаторов, номенклатура которых зависит от типа и назначения автомобиля. Для улучшения внутренней информативности автомобиля большое значение имеет не только унификация расположения органов управления и сигнализаторов, но и унификация условных обозначений на них.

## 2. ОБЗОРНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик автомобиля в отношении безопасности движения является обзорность с рабочего места водителя, так как в современном автомобиле практи-



чески единственным сенсорным информатором водителя об окружающей его дорожной обстановке является зрение.

Ровная поверхность дорожного покрытия и улучшенная геометрия дороги, усовершенствование системы подвески автомобиля и управления им практически уничтожили ощущение вибрации и центробежных сил, благодаря которым водитель мог определять скорость и направление движения. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха позволяют двигаться с закрытыми стеклами,

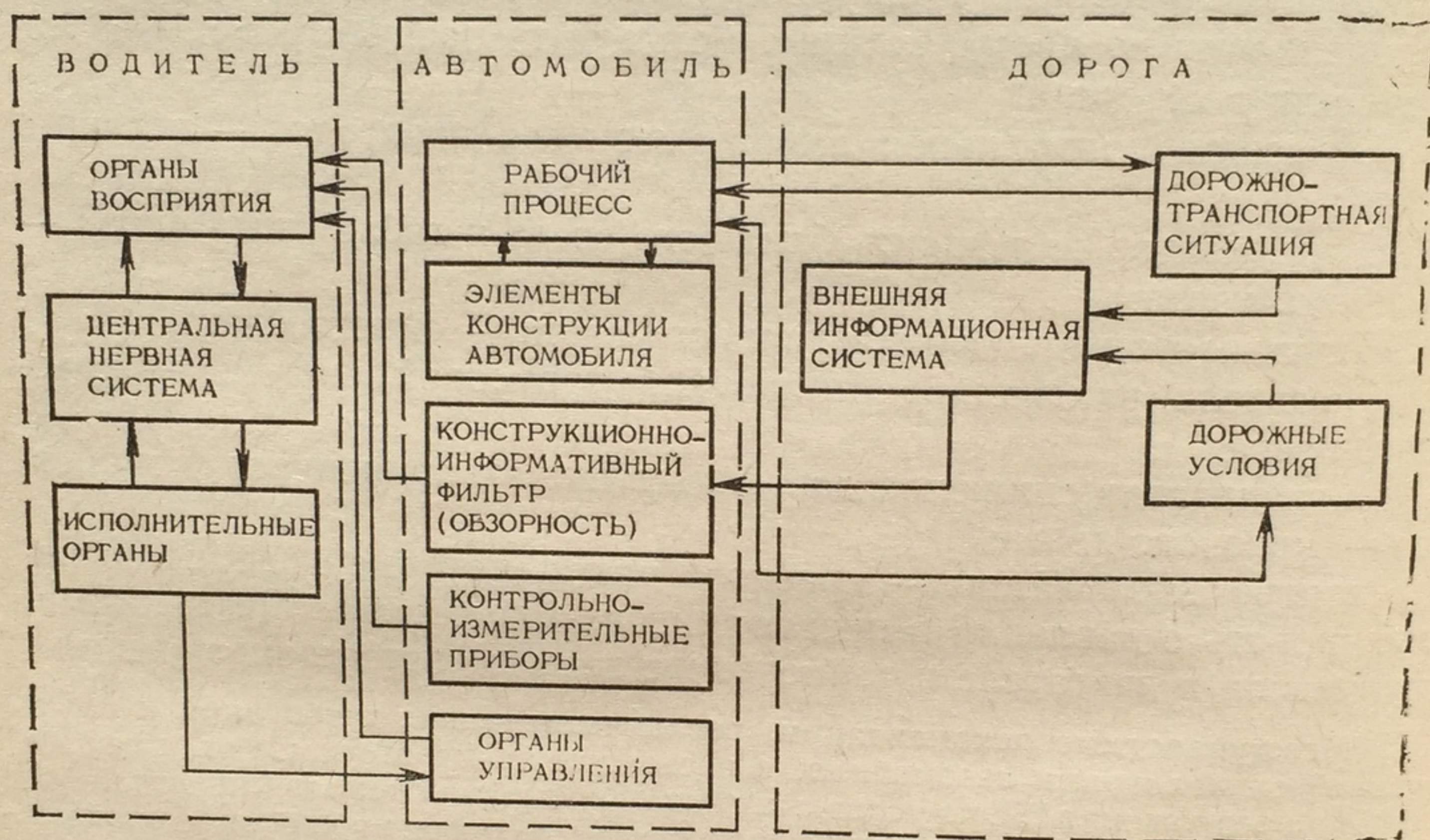


Рис. 57. Система водитель — автомобиль — дорога как контур управления

в результате чего практически исчез источник слуховых ощущений. Таким образом, чем более комфортабелен автомобиль, тем больше водитель зависит от одного органа чувств — зрения вместо большого сенсорного комплекса.

Рассматривая систему водитель — автомобиль — дорога как контур управления, в котором управляющим звеном является водитель (рис. 57), можно показать, что обзорность является характеристикой всей системы в целом. Она является конструктивно-информационным фильтром, через который к водителю поступает практически вся внешняя информация, необходимая для управления автомобилем.

Под *обзорностью* автомобиля понимают его конструктивное свойство, определяющее объективную возможность для водителя беспрепятственно видеть путь движения и объекты, которые могут помешать безопасному движению. Она определяется в первую очередь такими факторами, как размеры окон, ширина и расположение стоек кузова, место размещения водителя относительно окон, размеры зон, очищаемых стеклоочистителями, конструкция омывате-



лей, система обогрева и обдува стекол, а также расположением, числом и размером зеркал заднего обзора.

При проектировании новых кузовов и кабин или исследовании существующих моделей автомобиля обзорность можно определить на основании анализа ряда параметров, которые в своей совокупности характеризуют обзорность с количественной и качественной сторон. В зависимости от степени влияния на условия получения зрительной информации водителем при управлении автомобилем параметры обзорности можно разделить на основные и дополнительные. Основными являются те параметры обзорности автомобиля, ко-

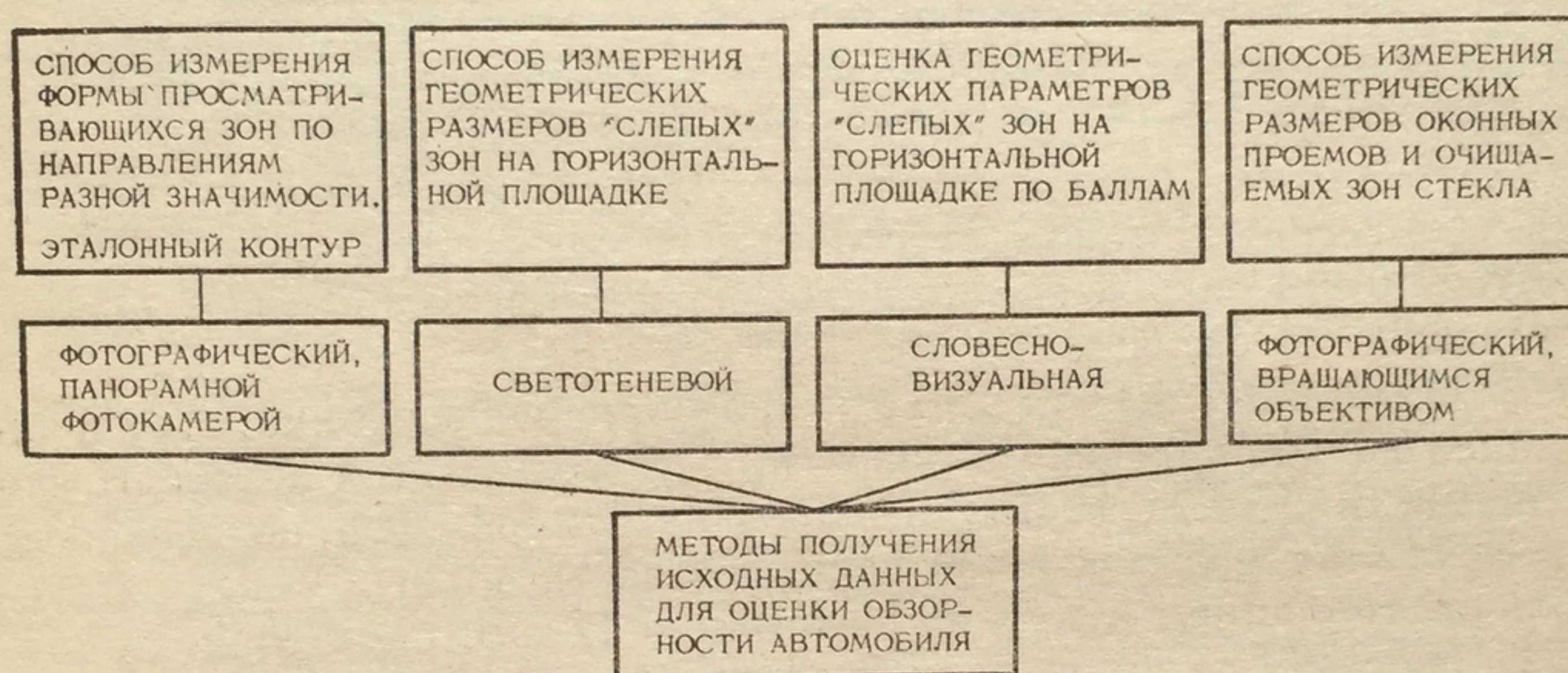


Рис. 58. Критерии оценки обзорности автомобилей

торые характеризуют условия восприятия водителем важных объектов дорожной обстановки, обычно расположенных в направлении движения автомобиля. *Дополнительными* называют параметры обзорности, характеризующие условия восприятия водителем объектов, расположение которых не совпадает с направлением основного движения автомобиля и которые являются обычно дополнительными источниками информации об окружающей среде движения (дороге).

В качестве критериев оценки обзорности используются различные условные показатели, зависящие в основном от способа определения обзорности; эти показатели не всегда сопоставимы. Можно выделить четыре основные группы критериев оценки обзорности (рис. 58).

1. Геометрические размеры оконных проемов и очищаемых зон стекла, т. е. угловые размеры конструктивных элементов остекления кабины, а также углы обзорности с места водителя, величина которых определяется расположением непрозрачных элементов кабины относительно основных пространственных плоскостей, проведенных через точку расположения глаз водителя.

2. Геометрические размеры «слепых» зон на горизонтальной площадке.



3. Геометрические размеры и площади «слепых» зон, когда автомобиль стоит на горизонтальной площадке (оцениваются баллами).

4. Эталонный контур, в основу построения которого положена панорама, видимая водителем через переднее стекло автомобиля при движении по прямому горизонтальному участку улицы или дороги.

Рекомендуемые параметры обзорности автомобиля определяют исходя из анализа расположения различных объектов дорожной обстановки, которые необходимо видеть водителю для безопасного управления автомобилем в диапазоне скоростей 5,5—41 м/с.

При определении оптимальных углов обзорности вверх учитывается, что она должна обеспечивать водителю видимость светофоров, знаков и других дорожных сигналов, установленных над проезжей частью дороги. Минимально необходимый угол обзора вверх должен быть таким, чтобы водитель мог увидеть предупреждающий сигнал светофора на таком расстоянии от места остановки, которое позволяло бы водителю принять решение и достаточно плавно остановить автомобиль.

Максимальная высота верхней кромки переднего окна, ограничивающая верхний предел обзорности, обуславливается двумя требованиями. Во-первых, водитель должен видеть светофор, подвешенный на высоте 5 м над серединой проезжей части дороги, когда автомобиль стоит у линии «Стоп» на расстоянии 12 м от светофора. Во-вторых, переднее окно не должно быть слишком высоким, так как в противном случае водитель будет страдать от избытка яркого света и тепловых лучей, что наблюдается при верхнем угле обзорности свыше 30°.

Вертикальные углы обзорности имеют критическое значение также при движении автомобиля по дороге с криволинейным профилем в вертикальной плоскости. Требование, предъявляемое к обзорности автомобиля в подобной ситуации, заключается в обеспечении достаточной для безопасной остановки дистанции видимости до внезапно появляющегося неподвижного объекта.

Обзорность непосредственно перед автомобилем, т. е. нижний угол обзорности, определяется длиной и высотой капота, а также нижней кромкой переднего окна. Кроме того, она зависит от расположения глаз водителя над дорогой. При движении автомобиля с высокой скоростью по автомагистрали с хорошим покрытием обзорность непосредственно перед автомобилем не играет существенной роли. Однако эта обзорность необходима в следующих ситуациях: при трогании автомобиля с места, чтобы избежать наезда на препятствия, случайно появившиеся перед автомобилем; при маневрировании в стесненных условиях: на стоянках, в пунктах погрузочно-разгрузочных работ и т. д.; при движении по дороге с покрытием, находящимся в неудовлетворительном состоянии, когда водитель вынужден следить за поверхностью дороги непосредственно перед автомобилем; при движении в плотном транспортном потоке, когда водителю необходимо постоянно следить за сигнальными фонарями впе-

реди идущи  
0,4—0,7 м  
Оптимальн  
плоскости  
при выпол  
криволиней  
ков и перес  
и другие об  
в плане опр  
ной и расп  
Например,  
равном 5°,  
а автомобил  
этого место  
с учетом б

Большое  
симо от ме  
стеклоочист  
новное треб  
стка как мо  
качество оч  
стекло долж  
при низкой  
В проце  
рожную об  
движения и  
него обзора  
поверхности  
размещения  
нее зеркал  
мобиля.

#### § 14. ЗВ

При дви  
разнообраз  
чайные зву  
(шумы); э  
об окружа  
автомобил  
Основн  
вающими с  
гатель, тра  
проникает  
пространс  
кого шума  
сумеречно  
рата и на  
5 в\*



реди идущих автомобилей, которые могут располагаться на высоте 0,4—0,7 м в зависимости от типа транспортного средства.

Оптимальные углы обзорности автомобиля в горизонтальной плоскости должны быть такими, чтобы водитель мог видеть объекты при выполнении маневров в плане (при движении автомобиля по криволинейным участкам дорог, при проезде различных перекрестков и пересечений), а также светофоры, дорожные знаки, указатели и другие объекты, расположенные по сторонам дороги. Обзорность в плане определяется прежде всего шириной переднего окна, шириной и расположением передних боковых стоек кабины (кузова). Например, при угловом размере передней боковой стойки кабины, равном  $5^\circ$ , водитель не видит пешехода уже на расстоянии 6,1 м, а автомобиль средних размеров — на расстоянии 45,8 м. Вследствие этого место для стоек и форму их поперечного сечения выбирают с учетом бинокулярности зрения человека.

Большое значение для обеспечения хорошей обзорности независимо от метеорологического состояния окружающей среды имеют стеклоочистители, а также система обмыва и обогрева стекол. Основное требование, предъявляемое к стеклоочистителям, — это очистка как можно большей части площади лобового стекла и хорошее качество очистки за каждый ход щеток. Система обдува и обогрева стекол должна устранять запотевание и обмерзание лобового стекла при низкой температуре наружного воздуха.

В процессе движения водителю часто приходится оценивать дорожную обстановку позади автомобиля, особенно при смене полос движения и совершении обгонов. Для этой цели служат зеркала заднего обзора, обзорность через которые зависит от формы отражающей поверхности (выпуклая или плоская), размеров зеркала и места его размещения относительно глаз водителя; обзорность через внутреннее зеркало зависит также от обзорности через заднее окно автомобиля.

#### § 14. ЗВУКОВАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

При движении автомобиля на орган слуха водителя воздействуют разнообразные звуки, которые можно разделить на две группы: случайные звуки, отвлекающие водителя от управления автомобилем (шумы); звуки, необходимые водителю, несущие информацию об окружающей обстановке, состоянии агрегатов и механизмов автомобиля и т. п.

Основными источниками шума, отвлекающими водителя и оказывающими отрицательное влияние на его организм, являются: двигатель, трансмиссия, ходовая часть, шины, подвеска и кузов. Шум проникает внутрь автомобиля через окна, стены, пол, а также распространяется по металлическим конструкциям. Под влиянием такого шума снижается устойчивость ясного видения, ослабляется сумеречное зрение, нарушается деятельность вестибулярного аппарата и наступает преждевременная усталость. Особенно это отно-



сится к водителям большегрузных автомобилей, в кабине которых интенсивность звука достигает значительной величины и может превысить допустимый предел шума.

Кроме того, суммарный уровень шума, относящегося к первой группе и ухудшающего состояние водителя, уменьшает информативность звуковых сигналов, к которым относятся сигналы автомобилей, регулировщиков, а также источники внутренней сигнализации. Эти сигналы становятся плохо различимыми на общем фоне, так как интенсивность их звука должна быть на 10 дБ выше уровня шума в кабине водителя. Таким образом, снижение звукового фона занимает важное место в общей проблеме повышения звуковой информативности автомобиля.

Борьба с проникновением шума в кабину ведется как с помощью конструктивных усовершенствований, так и путем тщательного подбора конструкционных материалов и применения звукопоглощающих прокладок. Важнейшее значение приобретает уплотнение педалей и рычагов управления, проходящих через пол кабины, а также звукоизоляция двигателя.

Однако нельзя полностью изолировать водителя от звуков, возникающих вне кабины, так как он должен воспринимать работу двигателя и систем своего автомобиля и другие внешние сигналы, необходимые для ориентировки и наиболее полной оценки дорожной обстановки.

### 1. ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛИЗАТОРЫ

В настоящее время нет международных документов, унифицирующих состав и характеристики (силу звука, прерывность, тембр) звуковых сигнализаторов, и на большинстве современных автомобилей они отсутствуют. Однако звуковые сигналы должны использоваться как для передачи водителю простейшей информации, так и в качестве предупредительных сигналов в том случае, если необходимо произвольное (принудительное) привлечение внимания водителя. В особо опасных случаях должно быть предусмотрено дублирование аварийного светового сигнала прерывистым звуковым. К таким сигналам можно отнести сигналы о недостаточном уровне жидкости в тормозной системе и давлении воздуха в шинах, а также о давлении в пневмоприводе тормозной системы.

Кроме того, звуковой сигнализатор (со световым дублированием на щите приборов) можно использовать в радиолокационных системах, определяющих дистанцию между двумя автомобилями. Работы над такими системами ведутся в различных странах, и в принципе создание такого устройства возможно.

Применение звуковых сигнализаторов позволяет разгрузить зрительный анализатор водителя, что приобретает особое значение по мере увеличения числа приборов внутренней визуальной информативности автомобиля и увеличения интенсивности, плотности и рядности движения.

В последнее  
автоматизирован  
стоянии дороги  
портного пото  
ных маршрута  
облегчающих  
безопасности д  
ние к обычном  
акустического  
точке» (перекр  
а также опов  
срочных сведе  
и пр.).

Под несущ  
длина волны, н  
спортных сред  
зована для авт  
ду или району  
кальной инфо  
ке. Система а  
может строит  
ным совершен  
жения, загруз  
На этой ж  
нальную музы  
довой деятель  
музыка спосо  
водителя. Ее  
ность водител  
Увеличени  
уровень визу  
лей и в коне

Рабочее м  
кабины, удоб  
денья, распо  
эргономическ  
роклимат, за  
Рационал  
чение для бе  
труда и сохр  
нии, оборуд  
с психофизи  
ми человека



## 2. НЕСУЩАЯ ВОЛНА

В последнее время все более широкое распространение получают автоматизированные системы передачи информации водителю о состоянии дороги, ситуациях на съездах и въездах, о состоянии транспортного потока на соответствующей магистрали, заторах, возможных маршрутах объездов и ряда других сведений, значительно облегчающих условия работы водителя и повышающих уровень безопасности движения. Подобные системы включают приспособление к обычному автомобильному приемнику, обеспечивающее прием акустического сигнала при приближении автомобиля к «опасной точке» (перекрестку, железнодорожному переезду, затору и т. д.), а также оповещение с помощью «несущей волны» о более долгосрочных сведениях (метеоусловиях, ремонтных работах, объездах и пр.).

Под несущей волной подразумевается специально выделенная длина волны, на которой ведутся радиопередачи для водителей транспортных средств. В перспективе несущая волна может быть использована для автоматизации маршрута движения автомобиля по городу или району путем кодирования пункта финиша и получения локальной информации о направлении движения на каждом перекрестке. Система автоматизированного выбора маршрута первоначально может строиться по критерию кратчайшего расстояния с постепенным совершенствованием путем введения учета организации движения, загруженности маршрутов, метеоусловий и т. п.

На этой же волне можно передавать так называемую функциональную музыку, которая используется в качестве стимулятора трудовой деятельности водителя. Специально подобранная ритмичная музыка способна нормализовать нервно-психическую деятельность водителя. Ее назначение — поддерживать высокую работоспособность водителя в течение достаточно длительного периода времени.

Увеличение количества звуковой информации позволит снизить уровень визуальной нагрузки, улучшить условия работы водителей и в конечном итоге повысить уровень безопасности движения.

## § 15. РАБОЧЕЕ МЕСТО ВОДИТЕЛЯ

Рабочее место водителя автомобиля характеризуется размерами кабины, удобством доступа к органам управления, положением сиденья, расположением по отношению к нему органов управления и эргономическими параметрами среды в кабине (шум, вибрации, микроклимат, загрязнение воздуха токсическими веществами).

Рациональная организация рабочего места имеет большое значение для безопасности движения, повышения производительности труда и сохранения здоровья водителя. Она заключается в оснащении, оборудовании и планировке рабочего места в соответствии с психофизиологическими и антропометрическими характеристиками человека. Вследствие этого рабочее место водителя может быть



в различной степени удобным для управления автомобилем и по-разному влиять на работоспособность и утомляемость водителя и точность управления автомобилем.

В современных автомобилях применяется много устройств, улучшающих условия работы водителя. Исследователи-эксплуатационники и конструкторы продолжают изыскания по совершенствованию рабочего места водителя, в том числе по совершенствованию требований к параметрам рабочего места водителя.

Эксплуатационное свойство, характеризующее рабочее место водителя (пассажира) автомобиля, называют *обитаемостью* или *комфортностью* автомобиля. Под обитаемостью понимают приспособленность рабочего места водителя (пассажира) к психофизиологическим и антропометрическим особенностям человека. Обитаемость относится к одному из свойств, характеризующих эксплуатационное качество автомобиля — его безопасность.

Обитаемость автомобиля оценивается параметрами, которые могут быть сгруппированы следующим образом: параметры, характеризующее сиденье; параметры, характеризующие органы управления; параметры, характеризующие физико-химические условия рабочего места.

## 1. СИДЕНЬЕ

Сиденье состоит из остова, подушки, спинки и амортизирующего устройства. Эти основные узлы могут быть изготовлены как отдельно, так и совместно.

Остов сиденья представляет собой жесткий каркас, прикрепленный к полу кабины, на котором устанавливаются подушка и спинка. На остова расположены различные регулировочные и стопорные устройства, обеспечивающие удобную посадку водителя и регулирование положения сиденья относительно органов управления.

**Конструкция сиденья.** Подушка и спинка сиденья состоят из каркаса, упругого элемента, набивки и обивки. Конструкция спинки обычно проще, чем конструкция подушки, так как на нее действуют меньшие нагрузки. Толщину спинки стремятся сделать как можно меньше, чтобы не сокращать полезную площадь кабины. Спинки сидений многих автомобилей выполняют откидными.

Посадка водителя считается удобной, если части его тела образуют углы, исключаящие излишнее мышечное напряжение, благоприятствующие выполнению движений и обеспечивающие возможность управлять автомобилем с минимальной затратой физической энергии. При этом части тела человека должны находиться под оптимальными углами одна к другой (рис. 59), что определяется конструкцией и взаиморасположением элементов сиденья.

Посадка в зависимости от положения сиденья и органов управления в кабине предопределяет величину мышечного усилия водителя. Для уменьшения его утомления посадка должна быть такой, чтобы спина была выпрямлена, а не откинута назад и не согнута вперед. Это достигается при положении спинки сиденья, близком к вертикальному, с небольшим отклонением назад.



При такой посадке центр тяжести корпуса водителя и точка вращения тазобедренного сустава располагаются на одной вертикали, вследствие чего водитель не тратит мускульных усилий для сохранения равновесия.

Правильная посадка водителя зависит также от расположения органов управления по отношению к сиденью. Ноги водителя должны легко доставать до педалей, а руки, лежащие на рулевом колесе, быть слегка согнуты в локтях, что позволяет ему сидеть естественно, не испытывая утомления при длительной поездке и затрачивая минимальные усилия при воздействии на рулевое колесо, педали и рычаги управления.

Если сиденье водителя расположено далеко от педалей, то он должен подтягиваться к ним, что вызывает напряжение мышц. При очень высоком сиденье водитель горбится и наклоняет голову, это вызывает быстрое утомление мышц плечевого пояса, сжатие органов брюшной полости и легких, затруднение дыхания и утомление глаз. Если сиденье выдвинуто вперед, водителю приходится сгибать ноги, что затрудняет управление как педалями, так и рулевым колесом. При низкой посадке водитель, чтобы следить за дорогой, вынужден поднимать подбородок, напрягать мышцы шеи и спины.

Конфигурация сиденья должна учитывать особенности анатомического строения спины человека — естественный S-образный изгиб позвоночника, сохраняющийся в положении стоя и изменяющийся в положении сидя, особенно при прямой посадке. Оптимальное положение поясничного изгиба обеспечивается при некотором увеличении наклона спины назад и наличии опоры в области поясницы. Центральная точка опоры туловища в положении сидя должна приходиться на область между вторым и четвертым позвонками.

Давление на сиденье зависит от площади и жесткости опорной поверхности и от углов наклона подушки и спинки. Упругие подушка и спинка сиденья позволяют снизить удельную нагрузку на тело водителя от его собственного веса. Таз водителя должен иметь некоторую свободу перемещения для смены положения и не быть сдавленным, чтобы часть веса тела не передавалась на суставы берцовых костей, что вынуждает их «скатываться» внутрь сиденья. Подушка сиденья должна быть упругой, давление на поверхность сиденья не должно распределяться равномерно. Для снижения давления опорную поверхность выполняют рельефной, соответствующей форме тела водителя.

Характер давления на сиденье определяют простым способом — по отпечаткам на специальной химически обработанной бумаге.

**Удобство посадки и управления автомобилем.** Удобство посадки и управляющих движений водителя в значительной степени зависит от расстояния между сиденьем и органами управления, измеряемого от поверхности деформированного сиденья. Это расстояние определяет усилия, которые водитель должен прилагать к рулевому колесу, рычагам и педалям. Так как размеры частей тела у разных людей колеблются в широких пределах, подушку и спинку сиденья делают регулируемыми как по высоте, так и в продольном направлении.

Удобство посадки и управления автомобилем определяется планировочными размерами кабины, габаритными и посадочными размерами сиденья, а также физико-механическими характеристиками

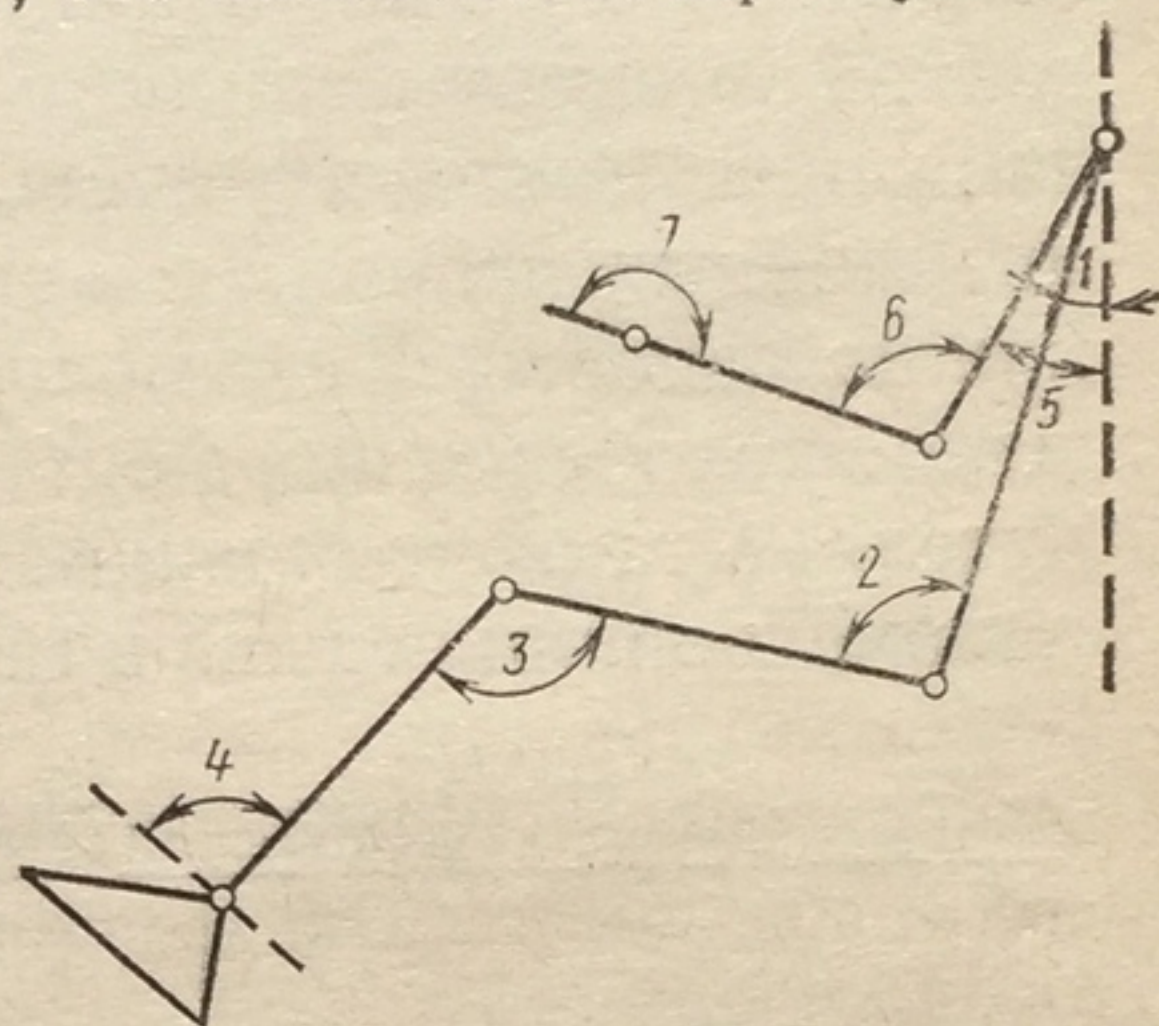


Рис. 59. Оптимальные углы между звеньями манекена, имитирующего водителя:

1—15—25°; 2—85—100°; 3—95—120°; 4—65—95°; 5—15—35°; 6—80—110°; 7—170—190°



его элементов. К планировочным, габаритным и посадочным размерам относятся размеры, определяющие пространственное положение сиденья относительно органов управления, длина, ширина и глубина подушки, высота спинки, угол ее наклона, высота и наклон подушки по отношению к полу кабины. От ширины подушки зависит некоторая свобода смены положения частей тела; от ее глубины — свобода движения коленного сустава; от высоты подушки над уровнем пола — положение глаз относительно окон и зеркал, а также свободный вход в кабину и выход из нее; от наклона подушки — уверенная посадка водителя, исключая сползание его с сиденья; от высоты спинки — достаточная опора туловища и свобода движения плечевого сустава; от опоры для головы — предохранение шейных позвонков от травм; от наклона спинки — расположение на одной вертикали центра тяжести корпуса тела и точки вращения тазобедренного сустава, что снижает утомляемость мышц водителя, а также сокращает длину кабины. Значения перечисленных параметров приведены в табл. 20.

20. Планировочные размеры рабочего места водителя

Параметры	ГАЗ-53А	ГАЗ-66	ЗИЛ-30	МАЗ-500	МАЗ-503Б	ЗАЗ-968 «Запорожец»	ВАЗ-2101 «Жигули»	«Москвич-2140»	ГАЗ-24 «Волга»	ЛАЗ-695М	УАЗ-677
Расстояние подушки до пола в плоскости оси сиденья, мм	366	355	410	440	495	290	300	260	300	450	490
Ширина подушки сиденья, мм	1390 (общее)	465	550	490	485	500	560	540	576	—	486
Угол наклона подушки, °	8	9	17	5	5	12	11	10	15	4	7
Угол между подушкой и спинкой, °	100	96	84	101	98	100	98	105	—	97	96
Расстояние от спинки до тормозной педали и педали сцепления, мм	905	860	—	922	927	—	—	—	914	915	—
Глубина сиденья, мм	460	420	500	400	380	430	470	430	480	—	440
Расстояние от подушки до потолка, мм	990	980	910	1055	1030	935	—	—	950	—	—
Расстояние от спинки до рулевой колонки, мм	360	375	360	350	382	370	—	—	415	435	—
Расстояние от подушки до рулевой колонки, мм	175	235	125	270	195	195	—	—	165	230	—

**Воздействие ускорений.** При изменении скорости и направления движения автомобиля возникают ускорения: в первом случае в прямолинейном направлении, во втором — центростремительные. При движении по неровной дороге появляются ускорения в вертикальном направлении. Ускорения, возникающие при разгоне, торможе-

нии, повороте и тельно невелики ниями (в м/с<sup>2</sup>):

При разгоне  
При торможении  
При движении  
При движении

Эти ускорения мых человеком. 10—15 м/с<sup>2</sup> при торможении и п нако незначите тельного времен го аппарата, что

**Колебания и** действия сил и движения автом ния и вибрации ки, пружин си нервную систем роту зрения, по ческую и рефел

Организм ве человек сидит, в этих случаях ловеческий орг 4—5 и 30 Гц, т отдельных часте лость 4—8 Гц; Колебания, зависят от типа состояния дорог

21. Хара при движе

Покрытие доро и его состояни тип дороги

Ровное асфальт ное асфальт Волнистое асфа тонное или из цементобетонных размером 1—2 м Цементобетонное швами через 4—8 Мостовая



нии, повороте и движении автомобиля по неровной дороге, сравнительно невелики. Их величина определяется следующими значениями (в  $\text{м/с}^2$ ):

При разгоне . . . . .	2—5
При торможении . . . . .	6—7
При движении по горизонтальной кривой . . . . .	2—7
При движении по неровной дороге . . . . .	1—3,5

Эти ускорения находятся в пределах величин, легко переносимых человеком. Водитель и пассажиры выдерживают перегрузку  $10—15 \text{ м/с}^2$  при неоднократно следующих один за другим разгонах, торможении и повороте без каких-либо серьезных последствий. Однако незначительные по величине, но действующие в течение длительного времени ускорения вызывают раздражение вестибулярного аппарата, что обычно снижает работоспособность водителя.

**Колебания и вибрации.** Колебания возникают вследствие воздействия сил инерции, вызываемых ускорениями и замедлениями движения автомобиля. Кроме того, водитель воспринимает колебания и вибрации кабины, передающиеся от эластичных шин, подвески, пружин сиденья и т. п. Колебания и ускорения возбуждают нервную систему водителя, вызывают головную боль, снижают остроту зрения, повышают утомляемость, ухудшают психофизиологическую и рефлекторную деятельность.

Организм весьма восприимчив к толчкам и вибрациям, когда человек сидит, и особенно при большом наклоне туловища, так как в этих случаях не используется естественная амортизация ног. Человеческий организм особенно восприимчив к частотам, близким 4—5 и 30 Гц, так как они являются резонансными при колебании отдельных частей тела человека (область таза 4—6 Гц; брюшная полость 4—8 Гц; голова относительно плеч 30 Гц).

Колебания, воздействующие на водителя, и последствия от них зависят от типа и режима движения автомобиля, вида покрытия и состояния дороги, по которой происходит движение (табл. 21).

21. Характерные частоты колебаний и ощущения водителей при движении автомобиля по дорогам с различным покрытием

Покрытие дороги, и его состояние; тип дороги	Скорость движения $\text{м/с}$	Частота вертикальных колебаний, Гц	Ощущение водителей
Ровное асфальтобетонное	11—40	0,1—2,0	Морская болезнь (укачивание)
Волнистое асфальтобетонное или из сборных цементобетонных плит размером 1—2 м	11—14 22—25	16—70 40—140	Головные боли и боли в суставах, ухудшение зрительного восприятия
Цементобетонное со швами через 4—8 м	22—28	3—7	Сильные головные боли, потеря внимания, головокружение
Мостовая	11—20	1—40	Головные боли



Обивка сиденья должна быть прочной, При гладкой поверхности его в нужном месте имеется чрезмерное утомление мышц. Шерстяные и синтетические материалы получили обивку, так как они имеют сиденья должны до  $+70^{\circ}\text{C}$ , не

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]



**Обивка сиденья.** Поверхность (обивка) сиденья также в значительной степени определяет удобство посадки водителя. Обивка сиденья должна быть плотной и шероховатой, обладать достаточной прочностью, придавать подушке соответствующий внешний вид. При гладкой обивке водитель скользит по сиденью. Постоянное перемещение тела требует дополнительного усилия для удержания его в нужном положении и излишне утомляет водителя. Обивка, имеющая чрезмерно большой коэффициент сцепления, вызывает утомление мышц спины. Материалом для обивки служат плотные шерстяные и полушерстяные ткани, кожа, кожзаменители и пластические материалы. В последнее время широкое распространение получили обивки из кожзаменителя и пластических материалов, хотя они имеют недостаточную воздухопаропроницаемость. Обивка сиденья должна сохранять эластичность при температуре от  $-50$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ , не должна быть липкой и скользкой.

## 2. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

Органы управления автомобиля по своему функциональному назначению делятся на две группы. К первой группе относятся органы, с помощью которых изменяются направление и скорость движения автомобиля: рулевое колесо, рычаг переключения передач, педаль сцепления, педаль управления дроссельной заслонкой или подачей топлива, тормозная педаль и рукоятка стояночного тормоза. Вторая группа включает органы управления вспомогательными устройствами: кнопку или педаль включения стартера, кнопку управления воздушной заслонкой карбюратора, включатель зажигания, ручной или ножной переключатель света, кнопку электрического сигнала, рычаг включения указателей поворота, органы, управляющие стеклоочистителем, отопителем, вентиляцией, кондиционером, освещением и др. На автомобилях высокой проходимости, кроме того, имеются рычаг переключения раздаточной коробки и рычаг включения переднего моста. Специальные автомобили оборудуются органами для управления дополнительными специальными механизмами.

В зависимости от частоты пользования органы управления можно разделить на постоянные и эпизодические. Рулевое колесо и педаль управления дроссельной заслонкой или педаль подачи топлива относятся к постоянным органам управления, а педаль сцепления, тормозная педаль, рычаг переключения передач, переключатель света, рычаг или кнопка переключателя указателей поворота, кнопка управления звуковым сигналом и рычаг ручного тормоза — к эпизодическим.

Органы управления могут быть ручными или ножными.

Параметры органов управления автомобиля должны соответствовать психофизиологическим и анатомическим возможностям водителя и отвечать эстетическим требованиям. При этом нужно учи-







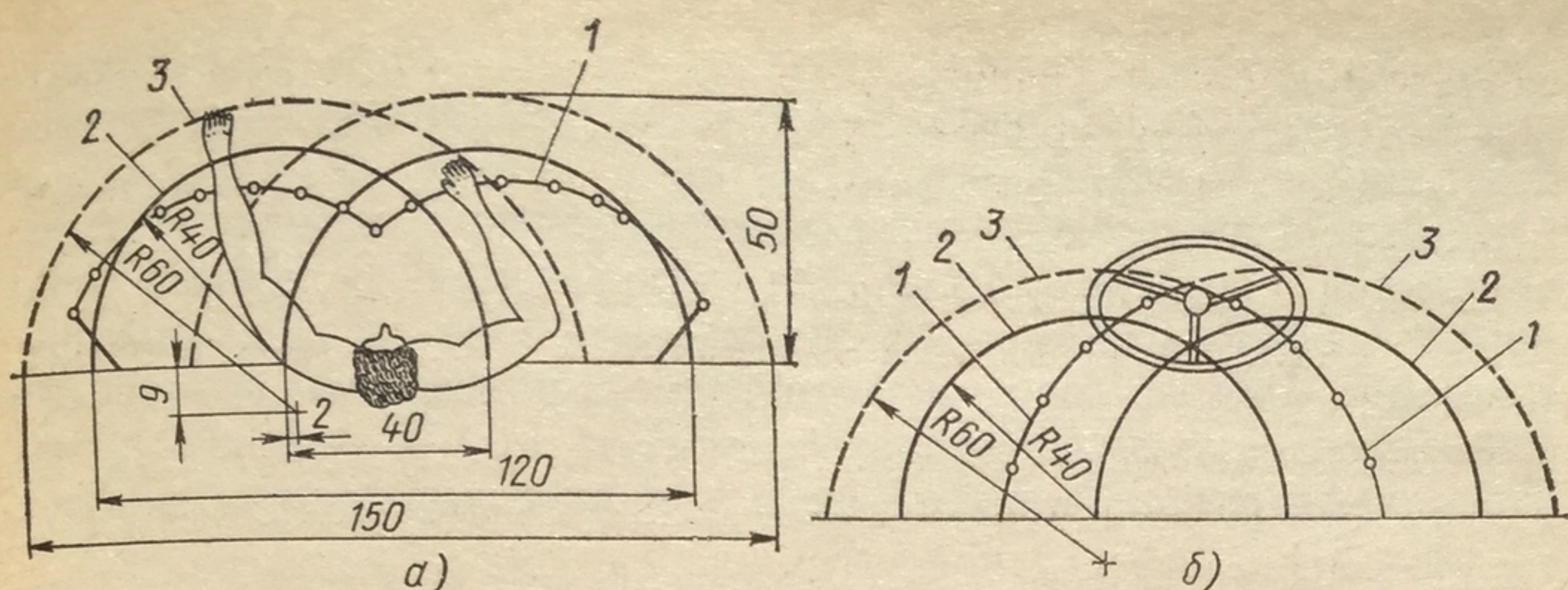


Рис. 60. Расположение рычагов и рулевого колеса грузового автомобиля относительно рабочих зон рук водителя (размеры указаны в см):

а — расположение рычагов управления; б — расположение рулевого колеса; 1 — оптимальная рабочая зона; 2 — нормальная зона; 3 — максимальная зона

чительных возмущающих внешних сил, которые действуют на колеса автомобиля, водитель при наличии гидроусилителя небольшим усилием может удерживать ведомые колеса в нужном положении, что особенно важно при выходе из строя шины одного из передних колес. Применение гидроусилителя, благодаря которому уменьшается усилие, прилагаемое к рулевому колесу, дает возможность уменьшить диаметр его обода, что позволяет улучшить обзорность.

**Рычаги и рукоятки.** Удобство управления автомобилем во многом зависит от формы рычагов и рукояток органов управления, их размещения относительно тела водителя, удаленности друг от друга, направления перемещения, усилий, которые нужно прикладывать для их перемещения. Учитывая наличие различных по степени удобства зон в пределах моторных полей водителя, органы постоянного использования следует размещать в оптимальной рабочей зоне, а органы эпизодического использования — в нормальных и максимальных зонах (рис. 60). На рулевой колонке или рядом с ней располагают рычаги переключения передач и указателей поворота, кнопку или дужку звукового сигнала. На передней панели

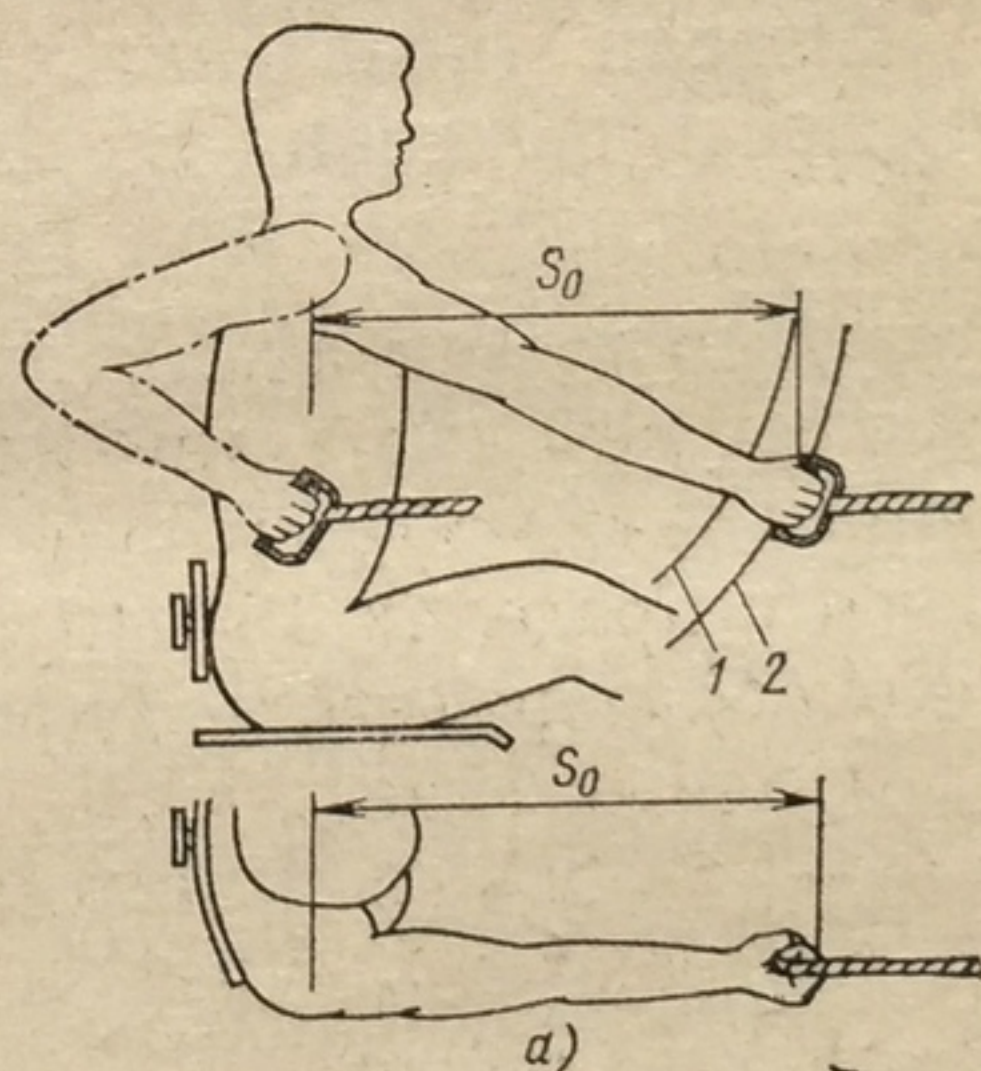


Рис. 61. Зависимость максимального растягивающего усилия  $F$  руки от расстояния  $S_0$  между рычагом ручного тормоза и серединой плеча водителя:

1 — дуга, радиус которой соответствует оптимальному расстоянию (с физиологической точки зрения) рычага от середины плеча водителя; 2 — дуга, радиус которой соответствует максимальному расстоянию (с анатомической точки зрения) рычага от середины плеча водителя



находятся ключ зажигания, рукоятки управления стеклоочистителем и омывателем стекол, воздушной заслонкой, включателем отопления, вентиляции и т. п.

Место расположения рычага переключения передач зависит от усилия, необходимого для его перемещения. Вследствие этого рычаг следует располагать в оптимальной зоне рабочих движений водителя. Рукоятку стояночного тормоза размещают в этой же зоне с учетом усилия, прикладываемого к ней. Зависимость развиваемого водителем усилия от места расположения рычага показана на рис. 61.

Ниже приведены некоторые рекомендации по органам управления.

Полный ход рукоятки ручного тормоза, мм:	
для легкового автомобиля . . . . .	150
» грузового » . . . . .	200
Предельные усилия, Н:	
на тяге рукоятки стояночного тормоза . . . . .	18
на рукоятке переключения передач . . . . .	6
Основные расстояния, мм:	
от рукояток рычагов переключения передач и стояночного тормоза в любом положении до других элементов кабины, не менее . . . . .	40
от рукояток прочих рычагов до опорной поверхности сиденья . . . . .	230
между рулевым колесом и любыми деталями кабины, не менее . . . . .	100

Указанные выше величины рассчитаны для водителей среднего роста. Для учета отклонений в росте элементы рабочего места выполняют регулируемыми (сиденье, педали).

**Педали управления.** Удобство управления автомобилем и безопасность движения во многом определяются расположением педалей управления. При размещении педалей необходимо учитывать частоту и продолжительность пользования ими, величину прилагаемых усилий, обеспечение безопасности движения, а также анатомо-физиологические особенности водителя. Усилие, прикладываемое водителем к педали, зависит от ее расположения (рис. 62). Из графика следует, что нога человека развивает наибольшее усилие, если упор приходится на бедренную часть. Максимальное усилие, равное 1862 Н, достигается при отклонении упора от вертикального положения на  $70^\circ$ .

Опорная площадка любой педали должна быть расположена так, чтобы при положении ноги с опорой на пятку углы голеностопного, коленного и тазобедренного суставов имели оптимальные значения и составляли соответственно  $90-100$ ,  $95-135$  и  $90-120^\circ$ . Пространственное положение площадки педали должно соответствовать естественному положению ступни водителя.

Конструкция тормозных механизмов и механизма сцепления такова, что для воздействия на них требуется приложить большие усилия к педалям привода. Так, среднее усилие на тормозной педа-

ли автомобиля,  
372,4 Н, максим  
Величина усили  
сиденью и от с  
ля.

Рабочее мес  
при закрепленн  
руемым блоком  
условия пользо

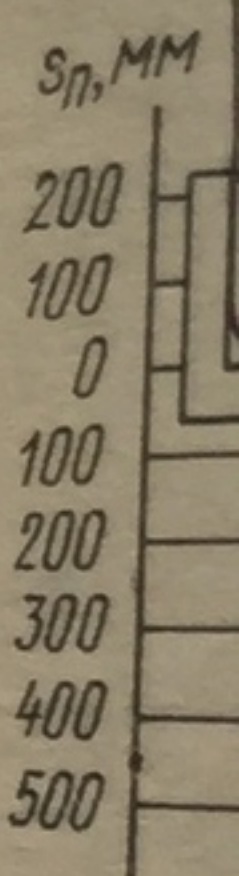


Рис. 62. Зависимос  
от расстояния  $s_d$  п

**Травмобезопа**  
рактеристика ра  
Травмобезопасно  
тивных решений,  
сидений, органов  
приборов, ветров  
составляющих ин  
травмобезопаснос  
ремни безопаснос  
тельные пневмати  
ства.

Степень утом  
пасность движен  
мических услови  
К физическим  
ся шум, вибр  
духа и наличие  
Шум. Во врем  
мов, несущих пол



ли автомобиля, обеспечивающее замедление  $0,5g$ , составляет  $294—372,4$  Н, максимальное усилие на педали сцепления достигает  $294$  Н. Величина усилия зависит от расположения педали по отношению к сиденью и от смещения площадки педали относительно тела водителя.

Рабочее место, оборудованное регулируемым блоком педалей при закрепленном сиденье или регулируемом сиденье с регулируемым блоком педалей, дает возможность создавать оптимальные условия пользования педалями для водителей различного роста.

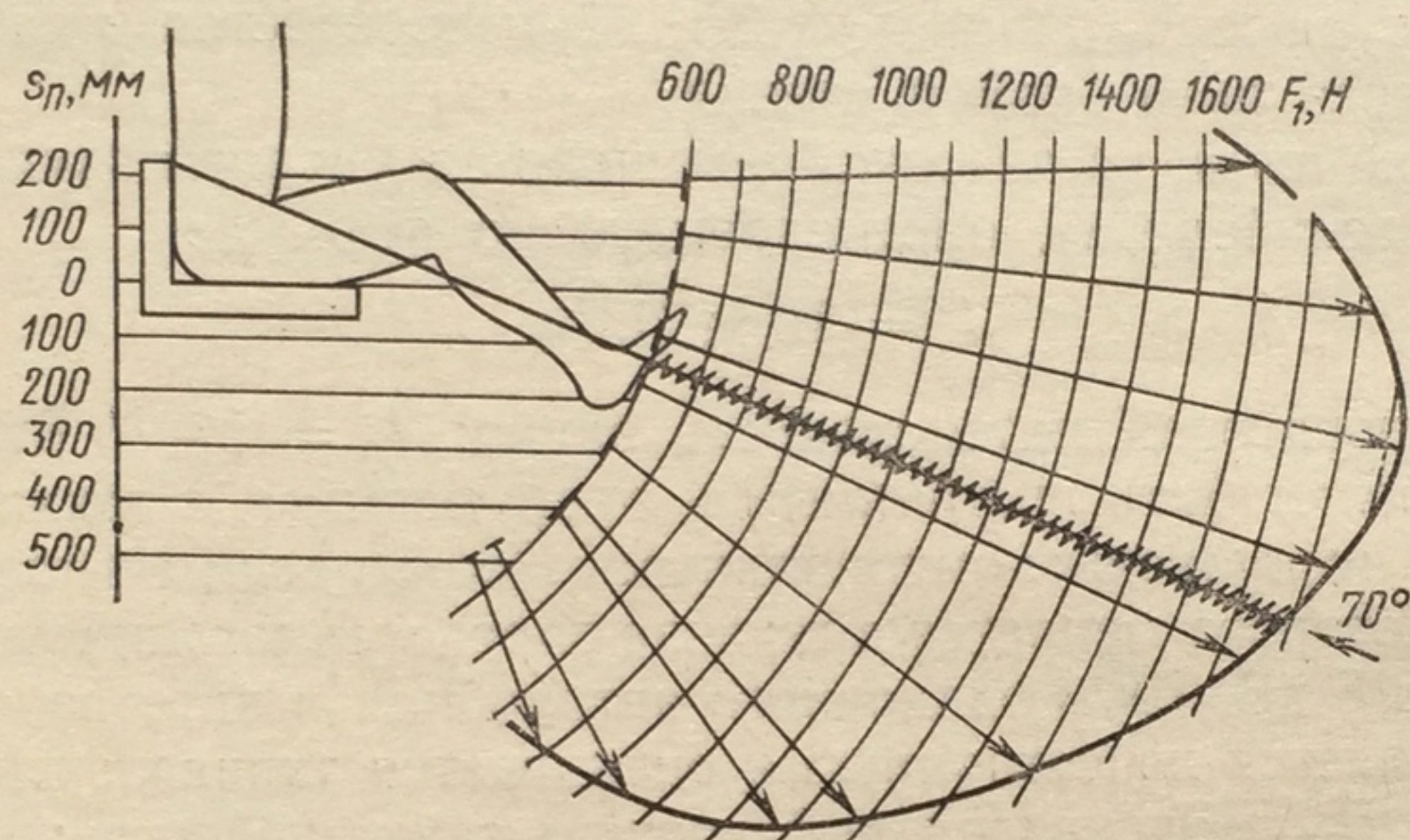


Рис. 62. Зависимость максимального усилия  $F_1$ , прикладываемого к педали, от расстояния  $s_n$  педали до горизонтальной плоскости сиденья и угла наклона педали к полу

**Травмобезопасность рабочего места водителя.** Важнейшая характеристика рабочего места водителя — его травмобезопасность. Травмобезопасность обеспечивается применением ряда конструктивных решений, касающихся компоновки автомобиля, его кузова, сидений, органов рулевого управления, рычагов, педалей, щитка приборов, ветрового стекла и ряда других деталей и устройств, составляющих интерьер автомобиля. Кроме того, для повышения травмобезопасности применяется ряд дополнительных устройств — ремни безопасности различных типов и конструкций, предохранительные пневматические подушки, подголовники и другие устройства.

### 3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ВОДИТЕЛЯ

Степень утомления водителя, а следовательно, активная безопасность движения в значительной степени зависят от физико-химических условий на рабочем месте водителя.

К *физическим* характеристикам рабочего места водителя относятся шум, вибрация, микроклимат; к *химическим* — состав воздуха и наличие в нем вредных примесей.

**Шум.** Во время работы водитель подвергается воздействию шумов, несущих полезную информацию (звук работающего двигателя,



шин и тормозных механизмов, сигналы других автомобилей), и вредных шумов. И те и другие шумы воздействуют на органы слуха и кору головного мозга водителя. Шум ухудшает условия работы водителя, отвлекает его, снижает внимание, увеличивает время реакции, затрудняет восприятие информативных звуковых сигналов своего автомобиля и других участников движения.

Шум — это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и силы. Источниками шума являются колеблющиеся тела. На автомобиле к основным источникам шума относятся двигатель, трансмиссия, глушитель, шины и кузов. Шум передается в кабину автомобиля через окна, пол и стенки.

Влияние шума на человека оценивается уровнем звукового давления (в децибеллах), определяемого по формуле

$$L = 10 \lg (1/I_0),$$

где  $I_0$  — пороговая интенсивность звука;  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

Шум может быть постоянным и прерываемым, а также широкополосным, импульсным и тональным. Постоянным считается шум, уровень которого меняется в течение определенного времени не более чем на 5 дБ. Шум одиночного автомобиля и автотранспортного потока является непостоянным и оценивается эквивалентным уровнем звука  $L_{\text{экв}}$ . Эквивалентный уровень звука непостоянного шума равен уровню звука постоянного шума, который оказывает на человека такое же воздействие, как и непостоянный шум. Эквивалентный уровень звука определяют по результатам измерений уровней звука шумомером по шкале А (в дБ). Уровень звука измеряют в течение наиболее шумного отрезка времени (обычно в течение 30 мин) и рассчитывают по формуле

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left( \frac{1}{100} \sum f_i 10^{0,1 L_i} \right),$$

где  $f_i$  — доля времени воздействия шума  $i$ -го класса по отношению ко всему периоду измерения шума, %;  $L_i$  — средний уровень звука  $i$ -го класса, дБ по шкале А.

Вредное воздействие шума возрастает при увеличении его громкости, частоты и информативности (табл. 22).

Шум неблагоприятно влияет на работоспособность человека. Под действием шума увеличивается скрытый период двигательной реакции, снижается зрительное восприятие, ослабевает сумеречное зрение, нарушаются координация движений и функции вестибулярного аппарата, наступает преждевременное утомление.

Правилами № 9 ЕЭК ООН нормируется внешний шум автомобилей. Он может изменяться в зависимости от типа автомобиля и скорости его движения в пределах 84—92 дБ по шкале А.

В нашей стране уровни внешнего и внутреннего шума автомобильных транспортных средств регламентируются ГОСТ 19358—74,\* согласно которому внутренний шум в автомобиле измеряется уровнями звукового давления в октавных полосах (табл. 23).

Вид шума	Уровень шума
Обычный разговор Разговор на расстоянии Крики, шум автомобиля	60 70
23. Н	
Тип автомобиля	
Легковые автомобили портные средства, с роваемые на шасси автомобиля	
Грузовые автомобили били-тягачи и автоп тобусы (кабина или место водителя)	
Автобусы (пассажирс щение): городские и пригоро щего назначения и сообщения	
туристские и межд	
Уменьшение не лаблением источни териалов и устрой Интенси́вность шить с помощью капотом (поглоща поглощающего по прокладок, расп	



## 22. Воздействие шума на человека

Вид шума	Уровень звука, дБ по шкале А	Громкость	Вид шума	Уровень звука, дБ по шкале А	Громкость
Обычный разговор	50	Нормальная	Шум интенсивного транспортного потока	80	Большая
Разговор на расстоянии	60	»	Нижний болевой порог слышимости	90	Очень большая
Крики, шум автомобиля	70	Большая	Верхний болевой порог слышимости	135	Предельно большая

## 23. Нормы внутреннего шума в автомобилях

Тип автомобилей	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБ по шкале А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Легковые автомобили и транспортные средства, сконструированные на шасси легкового автомобиля	102	96	90	83	77	70	62	57	51	80
Грузовые автомобили, автомобили-тягачи и автопоезда, автобусы (кабина или рабочее место водителя)	108	99	92	86	83	80	78	76	74	85
Автобусы (пассажирское помещение):										
городские и пригородные, общего назначения и местного сообщения	104	94	87	82	78	75	73	71	70	80
туристские и междугородные	102	91	82	77	73	70	68	66	64	75

Уменьшение неблагоприятного влияния шума достигается ослаблением источников шума, применением шумопоглощающих материалов и устройств, а также шумоизоляции.

Интенсивность шума на рабочем месте водителя можно уменьшить с помощью следующих мер: шумопоглощающей обивки под капотом (поглощает шум двигателя); внутренней обивки; звукопоглощающего покрытия металлических поверхностей; плотных прокладок, расположенных на внутренней поверхности крыльев



хорошо глушат дорожный шум); прокладок на раме двери; амортизационной подвески различных деталей, плотной подгонки остекления окон.

В ГОСТах на кабину автомобиля указывается, что уровень шума и вибраций должен соответствовать санитарным нормам, принятым для производственных помещений.

**Вибрации.** Вибрации — это колебания высокой частоты и малой амплитуды, возникающие при движении автомобиля. Кабина может колебаться в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Наиболее опасными являются вибрации в диапазоне 1—5 Гц, вызывающие резонанс колебаний частей тела человека. Колебания, передающиеся к голове, вызывают изменения ритма и частоты дыхания, артериального давления, снижают остроту бинокулярного зрения, ухудшают деятельность нервной системы.

При более высоких частотах вибрации также оказывают на водителя отрицательное воздействие, но оно менее ощутимо. В этом случае большое значение имеет амплитуда колебаний; так, при амплитуде 0,01 мм вибрация почти не ощущается; при амплитуде 0,02 мм действует раздражающе; при амплитуде 0,03 мм — постоянно отвлекает водителя от основной деятельности. При вибрациях, амплитуда которых более 0,03 мм, длительная работа невозможна. Для уменьшения вибрации применяют балансировку деталей, увеличивают жесткость вибрирующих деталей, создают условия, исключаящие возникновение резонанса, используют вибропрокладки, вибропоглощающие смазочные материалы и покрытия. В наибольшей степени вибрацию предотвращают пневматические шины автомобилей.

**Микроклимат рабочего места водителя.** Большое значение имеет микроклимат рабочего места водителя, определяемый совокупностью температуры, влажности и подвижности воздуха. Влияние микроклимата на организм водителя зависит от его возраста, степени закаленности, состояния здоровья, рабочей одежды.

Температура воздуха в кабине находится в прямой зависимости от температуры наружного воздуха, температуры двигателя, теплоизоляции кабины, отопления и вентиляции. Наиболее благоприятная температура 18—24° С. В случае повышения или понижения температуры в кабине автомобиля возрастает степень утомления водителя. При повышении температуры уменьшается внимание и объем оперативной памяти, плохо улавливаются изменения обстановки, увеличивается время реакции, водитель быстрее устает.

Исследования показали, что температура 50 °С терпима в течение часа и намного превышает уровень, благоприятный для умственной и физической деятельности человека. При температуре 30 °С умственная деятельность ухудшается, замедляется реакция, появляются ошибки в действиях. При температуре 25 °С и выше начинается физическое утомление. Комфортное состояние водителя наблюдается при 18 °С. При температуре 17 °С и ниже начинается охлаждение тела; температура 11 °С является минимально допустимым

уровнем. В усло-  
вость мышц, рабо-  
скованность и не-  
жения водителя, а  
не ощущается их  
ха в кабине влия-  
(рис. 63).  
Детнее врем-

В летнее время температура в кабинах превышает температуру в кабине и ку

Кабины и ку  
лей, работающих  
жаркого климата  
шивать светлой к  
текления кабинь  
теплопоглощающ  
рудовать конди  
духа. На больш  
тивных отечестве  
лей предусматри  
ка кондиционеро  
атации автомоби  
ных кондицион  
онах с жарким  
ница между тем  
жающего воздух  
рой воздуха в ка  
превышать 10—

Кабины авто  
низких темпера  
двойное остекле  
рычагов, педале  
ние кабин долж  
шенной ма

Терморегуля  
зависит от влаж  
характеризуется  
сыщенном вода  
парения (пот не  
носительная вла  
Для большинств  
ходится в

На терморегуляцию воздуха. При определении взаимод



уровнем. В условиях низкой температуры снижается работоспособность мышц, работа вызывает их быструю усталость, наблюдается скованность и неточность движений. Теплая одежда стесняет движения водителя, а теплая обувь затрудняет управление педалями — не ощущается их сопротивление при нажатии. Температура воздуха в кабине влияет на число дорожно-транспортных происшествий (рис. 63).

В летнее время года температура воздуха в кабинах автомобилей превышает температуру наружного воздуха на 4—12 °С. Температура в кабинах грузовых автомобилей достигает 50—60 °С.

Кабины и кузова автомобилей, работающих в условиях жаркого климата, следует окрашивать светлой краской, для остекления кабины использовать теплопоглощающие стекла, оборудовать кондиционерами воздуха. На большинстве перспективных отечественных автомобилей предусматривается установка кондиционеров. При эксплуатации автомобилей, оснащенных кондиционерами, в районах с жарким климатом разница между температурой окружающего воздуха и температурой воздуха в кабине не должна превышать 10—12 °С.

Кабины автомобилей, предназначенных для работы в условиях низких температур, должны иметь термоизоляционные стенки, двойное остекление с электрообогревом, уплотнения для трубок, рычагов, педалей и дверей из морозостойких материалов. Отопление кабин должно осуществляться автономным отопителем повышенной мощности.

Терморегуляция организма человека в значительной степени зависит от влажности и подвижности воздуха. Влажность воздуха характеризуется содержанием в нем водяных паров. В воздухе, насыщенном водяными парами, затрудняется теплоотдача путем испарения (пот не испаряется). Особенно неблагоприятно влияет относительная влажность более 70% при температуре, близкой к 30° С. Для большинства людей нормальная относительная влажность находится в пределах 30—70%.

На терморегуляцию тела водителя существенно влияет подвижность воздуха. Человек ощущает воздушные потоки при скорости движения от 0,25 м/с. Рекомендуемая скорость движения воздуха в кабине и салоне автомобиля не должна превышать 1 м/с.

При определении микроклиматических условий необходимо учитывать взаимодействие температуры, влажности и подвижности воз-

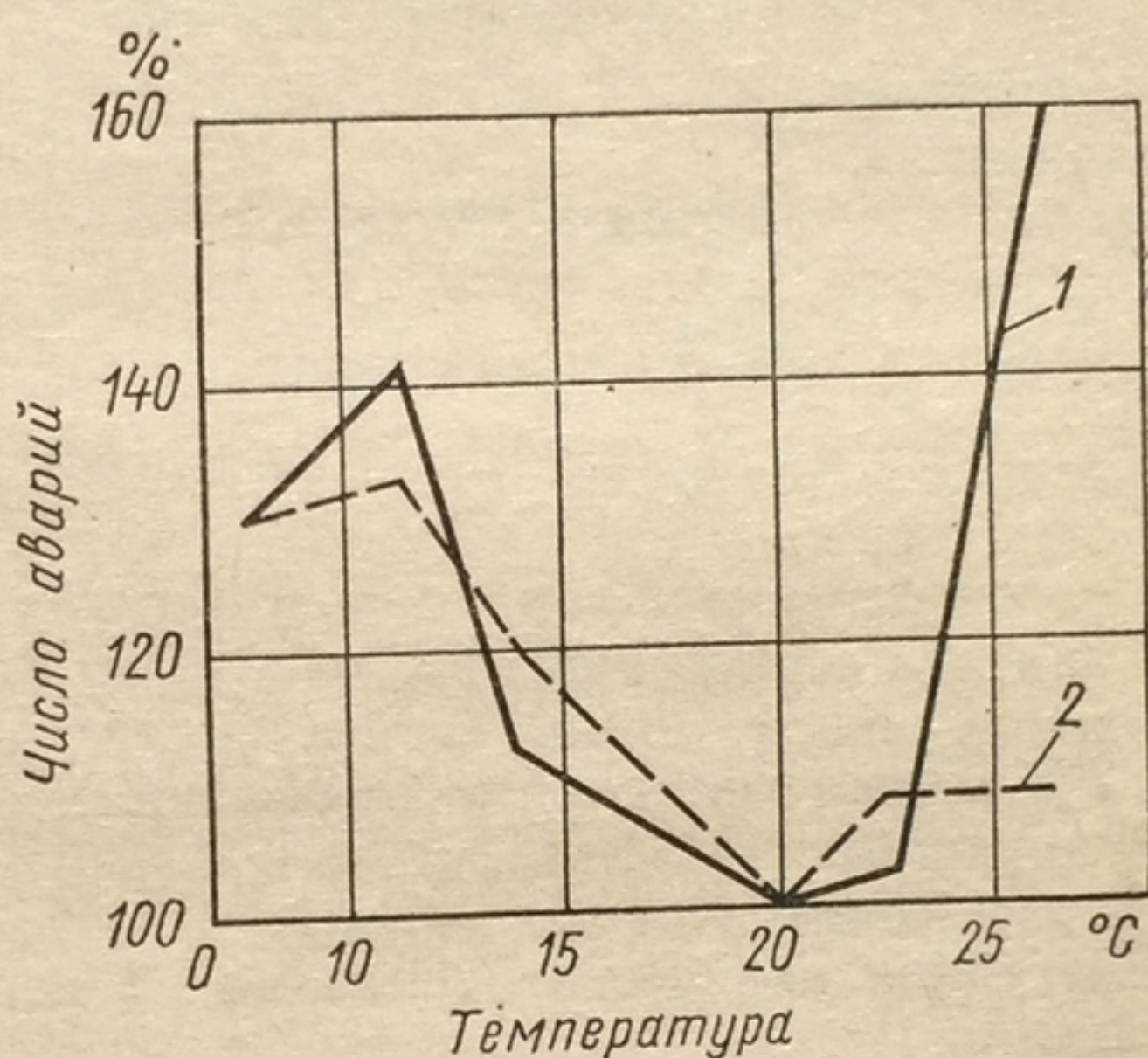


Рис. 63. Зависимость между температурой воздуха и числом аварий:  
1 — мужчины; 2 — женщины



духа. Температурные условия в кабинах автомобилей регламентируются ГОСТами. Параметры, определяющие комфортабельность рабочего места водителя, приведены в табл. 24.

24. Зоны комфорта на рабочем месте водителя

Показатели	Зоны		
	комфорта	психологи- ческого дискомфорта	физиологи- ческого дискомфорта
Температура, °C	18	15—22	1—43,5
Влажность, %	50—60	30—70	20—90
Скорость движения воздуха, м/с	0,15	0,30	2,0
Содержание, мг/л: окси углерода	Отсутству- ет	0,01	0,02
двуокиси углерода	То же	0,17	0,40
акролеина	»	—	0,007
паров бензина	»	—	0,1
окислов серной кислоты	»	—	0,001
минеральной пыли (содержащей до 7% кристаллической модификации)	»	—	0,0005
Воздухообмен на 1 чел., м³/мин	0,57	0,37	0,14
Потери тепла на 1 чел., кДж/ч	0,315	1,50	3,00
Потребное количество тепла на 1 чел., кДж/ч	1,93	—	0,90
Избыточное давление, эквивалентное высоте над уровнем моря, м	0	3000	6000
Уровень шума на расстоянии 1 м от по- ла кабины, дБ, при частоте:			
до 250 Гц	—	—	90
до 800 Гц	—	—	80
св. 800 Гц	—	—	70
Вибрации:			
амплитуда, мм	0	0,2	1,3
частота, Гц	0	0,1	10,0

**Вредные примеси воздуха.** Одним из требований активной безопасности является поддержание необходимой чистоты воздуха в кабине автомобиля. В кабину попадают пары эксплуатационных материалов, отработавшие газы и продукты испарения дорожной одежды, содержащие окислы углерода, азота, пары бензина, минеральную пыль и другие вредные вещества.

При неисправности системы питания двигателя в кабину автомобиля проникают пары бензина, которые могут вызвать острое или хроническое отравление водителя. Острое отравление наступает при концентрации паров бензина 5—10 мг/л. Хроническое отравление возникает чаще при длительном воздействии на организм малых концентраций.

Количество вредных примесей в воздухе кабины ограничивается предельно допустимой концентрацией (концентрацией, которая при ежедневном 6—8-часовом воздействии в течение неограничен-



ного времени не может вызвать у работающих патологических изменений в организме или заболевания).

Комиссией по транспорту СЭВ установлены следующие предельно допустимые концентрации вредных примесей в кабине автомобиля, мг/л:

Оксись углерода	0,02
Двуокись углерода	0,4
Акролеин	0,007
Пары бензина	0,1
Окислы серной кислоты	0,001
Минеральная пыль (содержащая более 7% кристаллической модификации)	0,0005

Правильная регулировка двигателя, своевременное устранение неисправностей системы питания, тщательная установка резиновых уплотнителей отверстий кабины и, наконец, эффективное использование системы вентиляции и отопления значительно оздоравливают условия работы водителя.

#### 4. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Системы вентиляции, отопления и кондиционирования предназначены для создания комфортных условий (табл. 25) в кабине и салоне автомобиля.

25. Рекомендации по вентиляции и отоплению

Параметры	Комфорт	
	средний	высший
Объем кабины, приходящейся на 1 чел., м <sup>3</sup>	0,4—0,9	До 1,2
Объем подаваемого воздуха, необходимый для 1 чел., м <sup>3</sup> /ч:		
на стоянке	68—89	94—133
при скорости автомобиля 14 м/с	67—84	91—125
Допустимый перепад температур наружного воздуха и в кабине	40	62—67
Температура в кабине зимой, °С, не ниже	10	17
Неравномерность температуры в кабине, °С, не более	10—15	5—8
Скорость подачи воздуха, м/с, не более	0,15	0,30
Влажность воздуха, %	40—70	50—60
Подача воздуха для обдува на ветровое стекло, м <sup>3</sup> /мин	0,4—0,8	1,2
Уровень шума двигателя	При —30 °С должно устраняться запотевание и обмерзание части стекла, очищаемого стеклоочистителем На 10—15 дБ ниже уровня шума в кабине от работающего двигателя на стоянке	



В современных автомобилях объем воздуха, приходящийся на каждого человека, составляет 0,4—1,2 м<sup>3</sup>, поэтому необходим интенсивный воздухообмен. Системы вентиляции рассчитываются на работу в летнее время.

**Система вентиляции.** Система вентиляции может быть естественной и принудительной.

При естественной системе вентиляции используются отверстия для забора воздуха, расположенные на участках наибольшего давления (капот, переднее оперение, передняя панель кабины, передние ветровые стекла, люки на крыше), и отверстия для вытяжки, находящиеся на участках наибольшего разрежения (задние стенки кузова, задние крылья и стойки). Система проста, но вызывает сквозняки и плохо сочетается с системой отопления.

В современных автомобилях обязательна принудительная вентиляция с помощью электрического вентилятора, нагнетающего воздух в кабину через радиатор отопления.

**Система отопления.** На современных автомобилях применяются следующие системы отопления: с использованием тепла двигателя; независимая с газовым или электрическим нагревателем; комбинированная.

Наиболее распространены системы отопления с использованием тепла двигателя; при жидкостном охлаждении отопитель подключают к радиатору, при воздушном теплоносителем является воздух. Такие отопители просты и достаточно эффективны, но имеют недостатки: температура в кабине зависит от температуры двигателя (жидкостное охлаждение), что ограничивает их применение в северных районах, а зимой и в зоне умеренного климата; в кабину попадают пары бензина и отработавших газов вместе с теплоносителем — воздухом (воздушное охлаждение).

Независимые системы отопления (с автономным источником тепла) лишены перечисленных выше недостатков, но сравнительно дороги и сложны, требуют дополнительного расхода топлива.

Обычно отопительные и вентиляционные устройства объединяют в единую систему; эта же система служит для обогрева стекол.

**Кондиционеры.** Для автоматического регулирования температуры и влажности подаваемого в кабину воздуха служат кондиционеры. Наибольшая эффективность достигается при плотно закрытых окнах и герметичной кабине.

В процессе кондиционирования воздух очищается в фильтрах, установленных около всасывающих отверстий, затем проходит через охлаждающее (или нагревающее) устройство и через увлажнительную (или осушающую) сетку, далее воздух нагнетается вентилятором в кабину. Устройство действует автоматически. Степень охлаждения или подогрева воздуха регулируется термостатами, а степень влажности — гигроскопическим прибором. Водитель может также регулировать температуру воздуха регулятором. При искусственном охлаждении температура в кабине может быть ниже

наружной на  
щи механичес  
диатора, ком  
пропан или ф  
и отнимает от  
сор, а потом  
Компрессор  
электродвигат  
может иметь с  
чаются перегр  
реи, а также  
при неработак  
На автомоб  
лодопроизводи



наружной на 7—12° С. Охлаждение воздуха достигается при помощи механической холодильной установки, которая состоит из радиатора, компрессора и конденсатора. Сжиженный газ (аммиак, пропан или фреон), проходя через змеевик радиатора, испаряется и отнимает от воздуха часть тепла; затем пары попадают в компрессор, а потом в конденсатор, где превращаются в жидкость.

Компрессор приводится в действие от двигателя автомобиля, от электродвигателя, питаемого аккумуляторной батареей, а также может иметь самостоятельный привод. В последнем случае исключаются перегрузки двигателя автомобиля и аккумуляторной батареи, а также имеется возможность кондиционирования воздуха при неработающем двигателе.

На автомобилях устанавливаются кондиционеры различной холодопроизводительности в зависимости от объема кабины.



## Глава III

# ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

### § 16. ОЦЕНКА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Изучение статистических данных по аварийности показывает, что с ростом автомобильного парка и интенсивности движения уменьшается относительное число наездов на пешеходов и возрастает количество столкновений, опрокидываний и наездов автомобилей на неподвижное препятствие. Одновременно возрастает значение внутренней пассивной безопасности. Во многих странах ведутся работы по внедрению конструктивных мероприятий, снижающих вероятность гибели людей и тяжесть их травмирования при ДТП.

Для оценки пассивной безопасности автомобиля предложено несколько измерителей. Наиболее простой измеритель — фактор тяжести — представляет собой отношение числа погибших  $N_c$  во время ДТП к числу раненых  $N_r$ :  $F_T = N_c/N_r$ .

По данным официальных отчетов, фактор тяжести  $F_T$  в различных странах находится в пределах 1:5 — 1:40. Иногда тяжесть ДТП определяют по отношению числа тяжело раненых  $N_T$  и погибших  $N_c$  к общему числу ДТП  $N_{ДТП}$ :

$$F'_T = (N_T + N_c)/N_{ДТП}.$$

По имеющимся данным, при скорости автомобиля менее 14 м/с  $F'_T \approx 0,05$ . При росте скорости  $F'_T$  увеличивается и при 35 м/с достигает 0,4.

Применяются также удельные показатели: число раненых и погибших при ДТП, отнесенные к 1 млн. жителей, 1 млн. км пробега или 1 млн. автомобилей.

Часто для оценки тяжести ДТП прибегают к экономическим показателям, учитывающим потери народного хозяйства вследствие аварий. Так, И. К. Коршаковым предложен коэффициент опасности  $K_{оп}$ , характеризующий вероятность смертельного исхода при происшествии для каждого из его участников:

$$k_{оп} = (k_1 N_{л} + k_2 N_T + k_3 N_c)/(N_{л} + N_T + N_c + N_0),$$

где  $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$  — коэффициенты тяжести последствий, позволяющие повреждения различных видов (легкие, тяжелые, смертельные) привести к повреждениям одного вида;  $N_{л}$ ,  $N_T$  и  $N_c$  — число людей, получивших соответственно легкие, тяжелые и смертельные повреждения;  $N_0$  — число участников ДТП, не получивших телесных повреждений.

К легким относят повреждения, вызывающие заболевания длительностью до 28 дней. Тяжелыми называют телесные повреждения

Рис. 64. Коэффициент относительной опасности в автомобиле ГАЗ-21 «Волга»: а — опасность мест водителя; б — опасность мест пассажиров; в — места в автомобиле.

с длительностью свыше 28 дней или с потерей способности более 28 дней. К смертельным относят такие, при которых пострадавший умирает в течение 7 суток с момента происшествия. По данным органов охраны, примерно 1 человек умирает непосредственно на месте происшествия, либо на пути к месту происшествия.

Коэффициенты тяжести в соответствии с величиной тяжести происшествия коэффициент тяжести

Таким образом, зная количество повреждений, можно количественно определить пассивную безопасность тех или иных автомобилей. Коэффициент опасности — показатель потерь с точки зрения безопасности при столкновении.

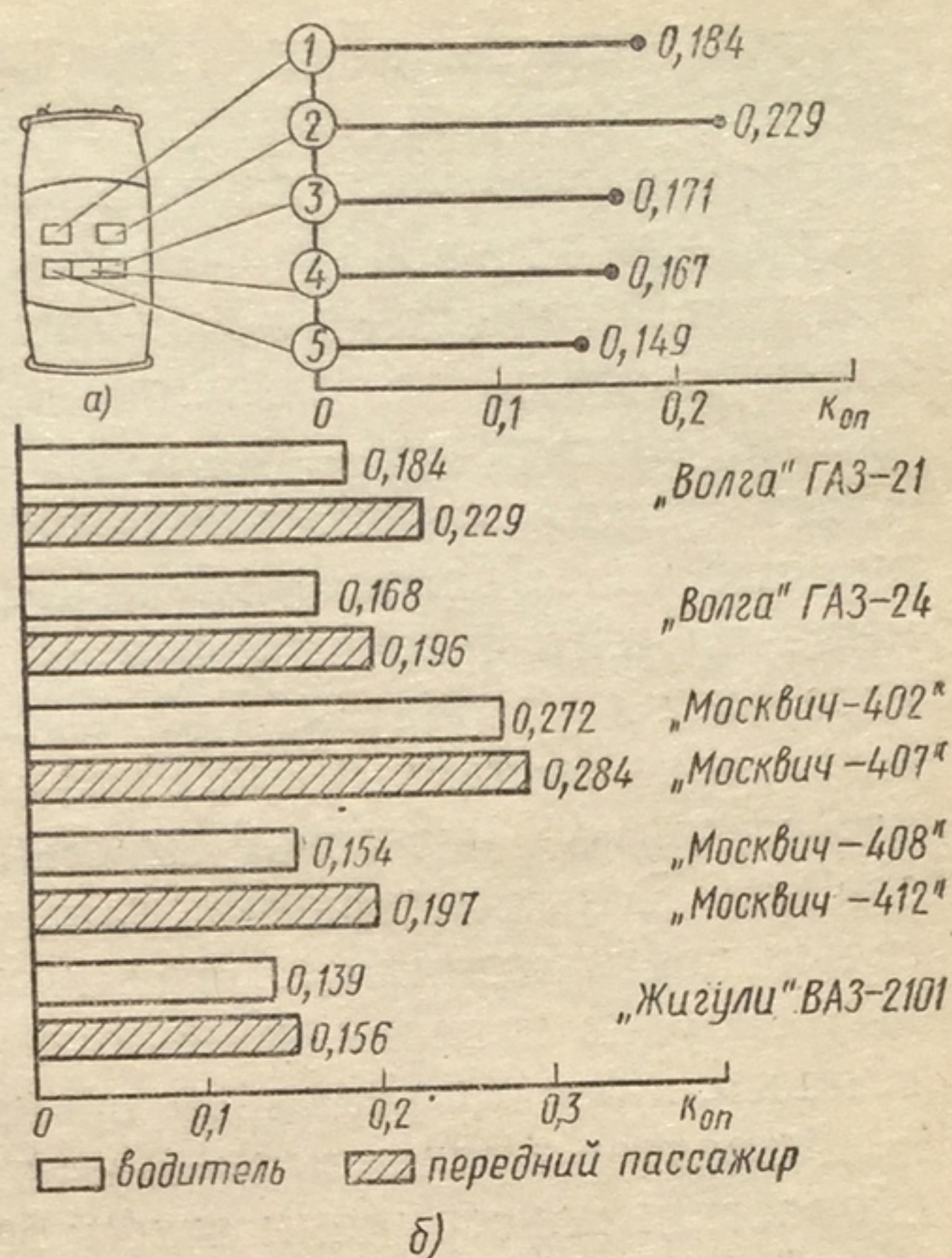
В качестве примера иллюстрирует относительную опасность «Волга» без применения ремней безопасности и водителем (рис. 64, б) и пассажиром (рис. 64, а) и водителем (рис. 64, в) и пассажиром (рис. 64, г) от другого автомобиля.

На рис. 64, б приведены относительные опасности мест водителя и пассажиров в старых автомобилях. Наибольшая опасность наблюдается в процессе столкновения с неподвижными препятствиями кузовов автомобилей.



Рис. 64. Коэффициент опасности:

а — относительная опасность мест в автомобиле ГАЗ-21 «Волга»; б — относительная опасность мест водителя и переднего пассажира в различных автомобилях; 1 — 5 — места в автомобиле



с длительностью заболевания свыше 28 дней или утратой трудоспособности более чем на 35%. К смертельным повреждениям относят такие, при которых смерть пострадавшего зафиксирована на месте ДТП или не позднее 7 суток с момента аварии. По данным органов здравоохранения, примерно в 70% случаев человек умирает либо непосредственно на месте происшествия, либо на пути в больницу.

Коэффициенты тяжести последствий ДТП определяются в соответствии с величиной убытков от повреждений каждого вида. Приняв коэффициент тяжести при смертельном исходе  $k_3 = 1$ , получим

$$k_1 = 0,015; k_2 = 0,36.$$

Таким образом, зная число пострадавших при ДТП и полученные ими повреждения, можно с помощью коэффициента опасности количественно определить тяжесть различных видов ДТП, сравнить пассивную безопасность различных автомобилей и оценить совершенство тех или иных конструктивных решений. Чем больше коэффициент опасности  $k_{оп}$ , тем вероятнее смертельный исход и значительней потери от аварий.

В качестве примера на рис. 64 приведены значения коэффициента опасности при встречных столкновениях автомобилей. Рис. 64, а иллюстрирует относительную опасность мест в автомобиле ГАЗ-21 «Волга» без применения ремней безопасности. Наиболее опасными являются места, занимаемые передним пассажиром ( $k_{оп} = 0,229$ ) и водителем ( $k_{оп} = 0,184$ ). Места, занимаемые задними пассажирами, менее опасны и по тяжести повреждений мало отличаются от другого. Аналогичные данные получены также зарубежными исследователями.

На рис. 64, б приведен коэффициент  $k_{оп}$ , характеризующий опасность мест водителя и переднего пассажира в некоторых легковых автомобилях. Наиболее высокие значения  $k_{оп}$  относятся к автомобилям старых марок: «Москвич-402», «Москвич-407» и ГАЗ-21 «Волга».

В процессе наиболее тяжелых ДТП (столкновения, наезды на неподвижные препятствия, опрокидывания) вначале деформируется кузов автомобиля, происходит первичный удар. Кинетическая



энергия автомобиля при этом тратится на поломку и деформацию деталей. Человек внутри автомобиля продолжает движение по инерции с прежней скоростью. Силы, удерживающие тело человека (мышечные усилия конечностей, трение о поверхность сиденья), невелики по сравнению с инерционными нагрузками и не могут воспрепятствовать перемещению. Когда человек контактирует с деталями автомобиля — рулевым колесом, панелью приборов, ветровым стеклом и т. п., происходит вторичный удар. Параметры вторичного удара зависят от скорости и замедления автомобиля, перемещения тела человека, формы и механических свойств деталей, о которые он ударяется. При высоких скоростях автомобиля возможен также третичный удар, т. е. удар внутренних органов человека (например, мозговой массы, печени, сердца) о твердые части скелета. Возникающие при этом перегрузки могут привести к серьезным повреждениям внутренних органов и разрушению кровеносных сосудов и нервных волокон. Большую часть травм водителя и пассажиры получают во время вторичного удара.

Характер и тяжесть травмы зависят от многих причин: вида ДТП, скорости и конструкции автомобиля, наличия защитных приспособлений, возраста и здоровья человека. В среднем человек может выдержать без вреда кратковременную (в течение 0,01—0,1 с) перегрузку 40—50g. Перегрузки, испытываемые водителем и передним пассажиром при встречных столкновениях автомобилей, достигают 150—200g. Усилия, действующие на отдельные части тела, могут превышать 10 кН, что объясняет высокую смертность при некоторых ДТП. В табл. 26 приведены статистические данные по ДТП.

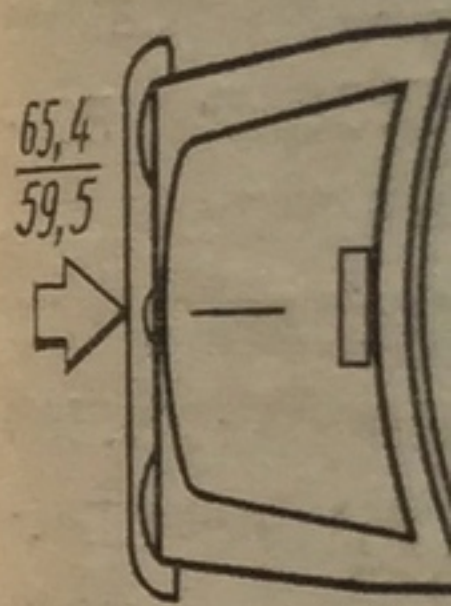
26. Распределение тяжести последствий ДТП по их видам, %

Страна	Столкновение транспортных средств	Наезд на неподвижное препятствие	Наезд на пешеходов	Другие виды ДТП
Австрия	36,2/51,7	14,2/16,2	36,0/21,5	14,0/10,6
Бельгия	72,0/80,3	22,3/14,0	—	5,4/5,6
Дания	53,7/56,4	9,5/9,9	29,7/16,0	7,2/16,1
Финляндия	47,3/53,6	4,5/7,5	34,2/20,6	14,7/18,6
Франция	45,9/64,2	20,5/11,2	25,8/18,6	8,0/5,8
ФРГ	33,8/50,5	18,9/16,4	39,4/22,1	7,8/10,7
Италия	49,2/61,7	6,1/3,0	29,1/22,0	15,7/12,7
Нидерланды	54,2/61,0	13,4/11,9	24,4/15,8	8,0/11,0
Португалия	32,4/33,0	9,8/3,8	52,2/48,9	10,4/14,0
Испания	35,3/41,2	14,7/8,6	32,4/32,4	17,7/18,1
Швеция	51,7/55,7	1,6/2,0	25,0/16,4	21,3/25,9
Швейцария	38,2/55,9	11,5/9,4	37,0/24,5	13,2/10,0

Примечание. Числитель характеризует количество погибших при ДТП, знаменатель — количество получивших ранения.

Наибольшее значение для внутренней пассивной безопасности имеют столкновения транспортных средств и их наезды на неподвижное препятствие, а для внешней — наезды на пешеходов.

Тяжесть травмы зависит от скорости удара, а сроки заживления, а сроки заживления полученной травмы зависят от тяжести травмы. Показано, что при столкновении автомобилей наиболее часты в области грудной клетки, опасными, по сравнению с другими частями тела, являются травмы грудной клетки, пропорциональные квадрату относительной скорости удара.



а — распределение  
в — опасные зоны

На рис. 6 показаны травмы, полученные водителями ГАЗ-24 «Волга» в автобусах при столкновении с препятствием. Повреждения в основном наблюдаются в области грудной клетки, плечевых суставов, шеи, позвоночника, т. п. Есть случаи повреждения пальцев рук, локтей, или плеч при наезде на препятствие. Участие в ДТП сопровождается повреждением памяти, что приводит к потере сознания.



Тяжесть травм, получаемых в процессе ДТП, в среднем значительно выше тяжести других травм — производственных и бытовых. Средняя продолжительность лечения травм от ДТП составляет 30,6 дня, а сроки лечения травм других видов — 21,6 дня. Вид травмы, полученной во время столкновения автомобилей, и степень ее тяжести зависят от направления удара при происшествии. На рис. 65, а показано примерное распределение ударов при столкновениях легковых автомобилей (числитель) и автобусов (знаменатель). Наиболее часты встречные столкновения, которые являются и самыми опасными, поскольку кинетическая энергия пропорциональна квадрату относительной скорости.

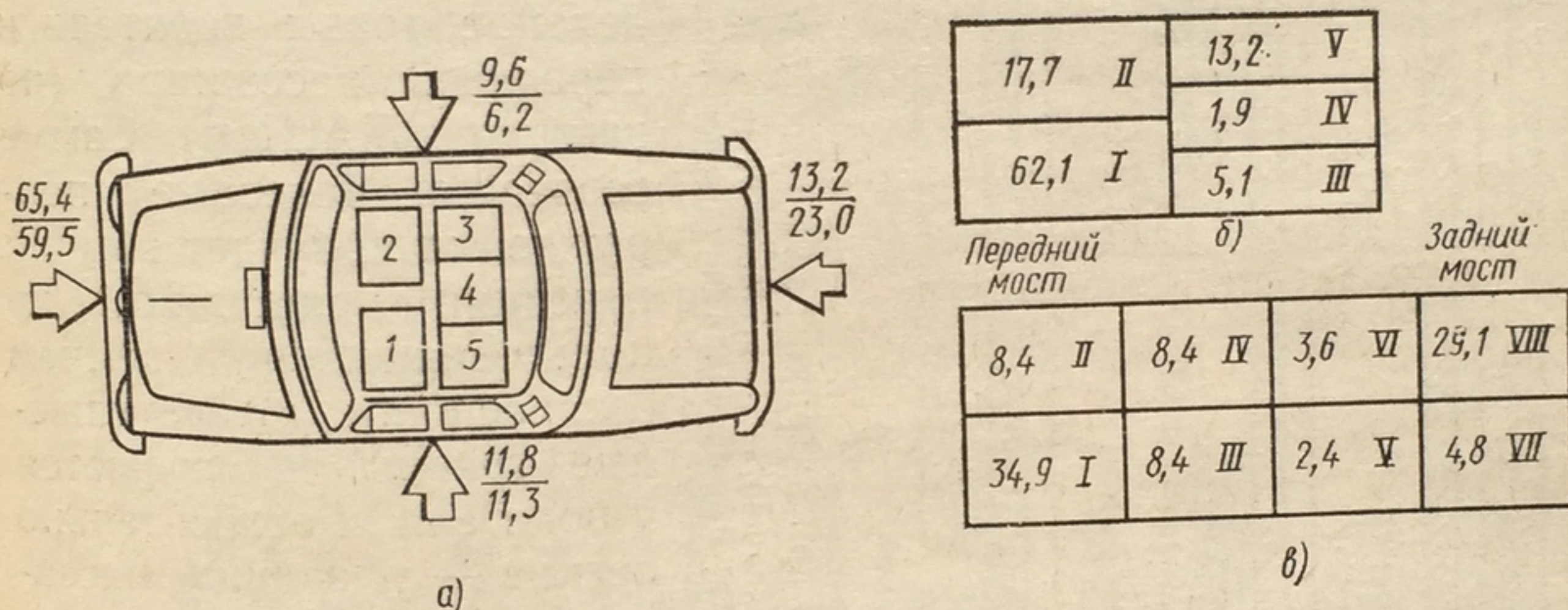


Рис. 65. Безопасность пассажирских автомобилей:

а — распределение направлений удара; б — опасные зоны автомобиля ГАЗ-24 «Волга»; в — опасные зоны автобуса ЛиАЗ-677; 1—5 — места в автомобиле; I—VIII — зоны

На рис. 65, б и в показано расположение зон в автомобилях ГАЗ-24 «Волга» и городских автобусах ЛиАЗ-677 по степени их травмоопасности при столкновениях. Почти 35% пострадавших в автобусах приходится на зону I, включающую кабину водителя и переднее пассажирское сиденье. Следующей по степени травмоопасности является зона VIII, охватывающая накопительную площадку у задней двери и заднее сиденье (29,1%). Зоны II—VII имеют примерно одинаковые степени травмоопасности.

Повреждения, получаемые человеком при автомобильной аварии, разнообразны: ушибы, растяжения и разрыв связок, вывихи суставов, сдавливания, переломы костей, сотрясения мозга, разрывы кровеносных сосудов, повреждения внутренних органов и т. п. Есть специфические травмы, характерные только для пострадавших при ДТП. Например, одновременный вывих обоих больших пальцев рук у водителя, державшего в момент удара рулевое колесо, или перелом шейных позвонков из-за откидывания головы назад при наезде на стоящий автомобиль сзади.

Участие в дорожно-транспортном происшествии, как правило, сопровождается нервным потрясением с расстройством речи, потерей памяти, иногда сильным шоком. При встречных столкновениях



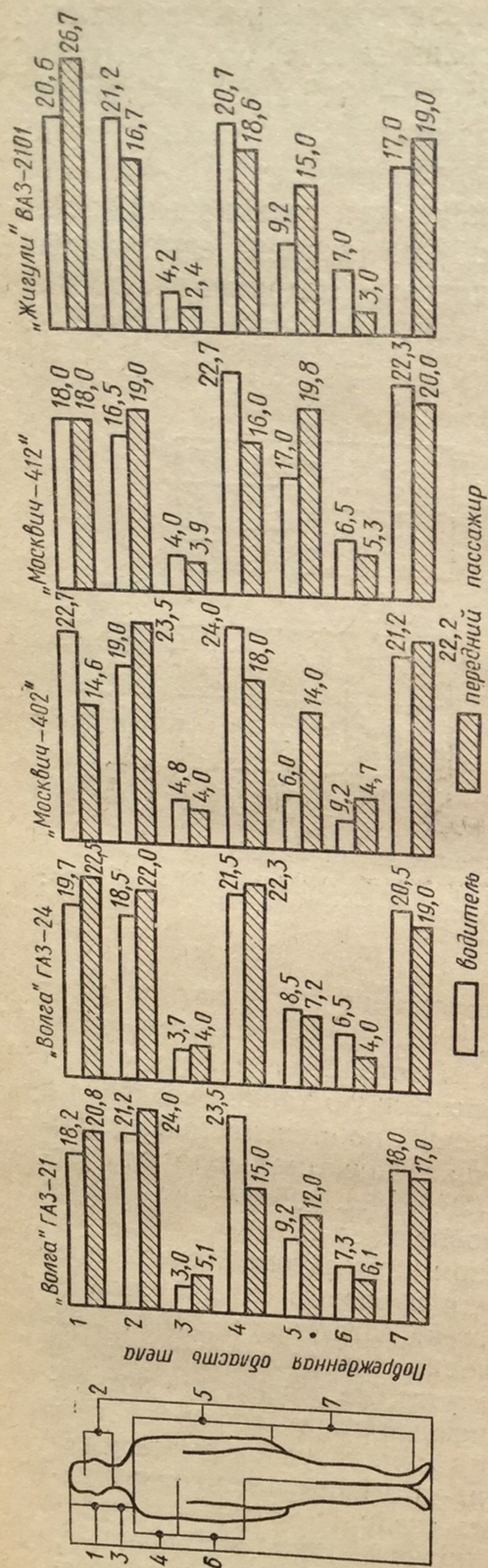


Рис. 66. Распределение телесных повреждений при авариях различных автомобилей, %:

а — ГАЗ-21 «Волга»; б — ГАЗ-24 «Волга»; в — «Москвич-402» и «Москвич-408»; г — «Москвич-412»; д — ВАЗ-2101 «Жигули»; 1 — голова; 2 — лицо; 3 и 4 — грудь; 5 — верхние конечности; 6 — брюшная и тазовая области; 7 — нижние конечности

автомобилей и наездах на неподвижные препятствия у водителей и передних пассажиров наблюдаются травмы головы, конечностей и груди, реже — живота. У задних пассажиров чаще повреждаются грудь, живот, нижние конечности, реже — голова и верхние конечности. На рис. 66 показано примерное распределение травм водителя и переднего пассажира (по данным МАДИ). Самые серьезные телесные повреждения получает обычно передний пассажир, не пользовавшийся ремнем безопасности. Менее тяжелые травмы наблюдаются у водителя и относительно легкие — у задних пассажиров.

На рис. 67 показан механизм образования травм при встречных столкновениях у водителя легкового автомобиля. В начале удара водитель скользит по сиденью вперед и его колени ударяются о панель приборов (рис. 67, а и б). Затем сгибаются тазобедренные суставы и верхняя часть туловища наклоняется вперед до удара о рулевое колесо (рис. 67, в и г). При больших скоростях автомобиля возможен удар о ветровое стекло (рис. 67, д и е), а при боковых столкновениях — повреждение головы об угловую сторону кузова. Передний пассажир, перемещаясь вперед, также ударяется сначала коленями о панель

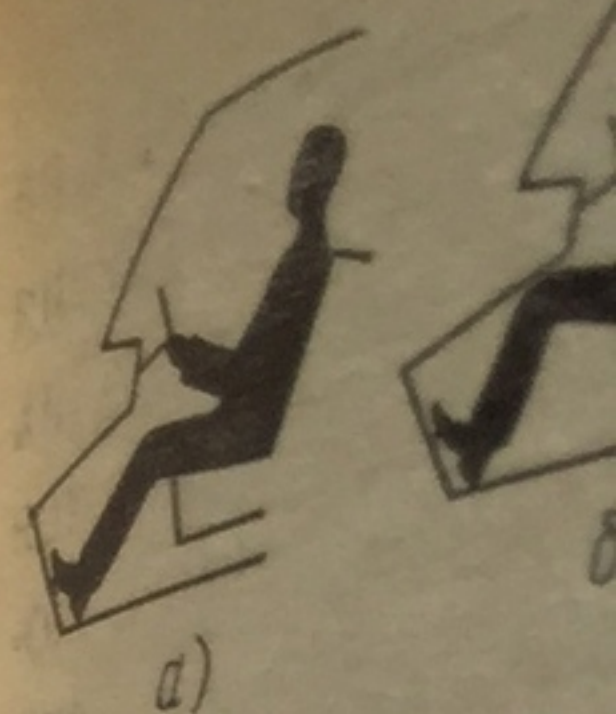


Рис. 67. Механизм

приборов, затем чаще движения а мирование подбо приборов (рис. плечи, руки и к теля наиболее ч со, панель прибо ляют панель при передних сидени ли радиоприемни

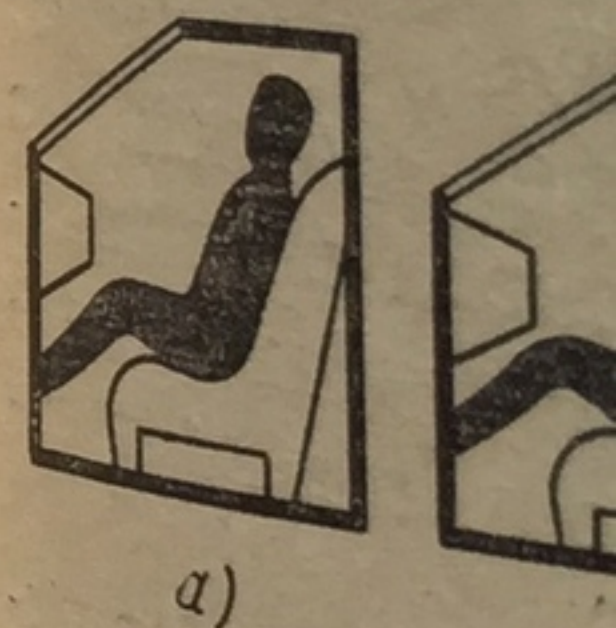


Рис. 68. Механизм

при ударе о них повреждено лицо В табл. 27 п людей по резул университета (С

Рис. 68. Механизм

Источники

Рулевое управле-  
ние  
Панель приборов  
Ветровое стекло  
Двери  
Крыша  
Днище



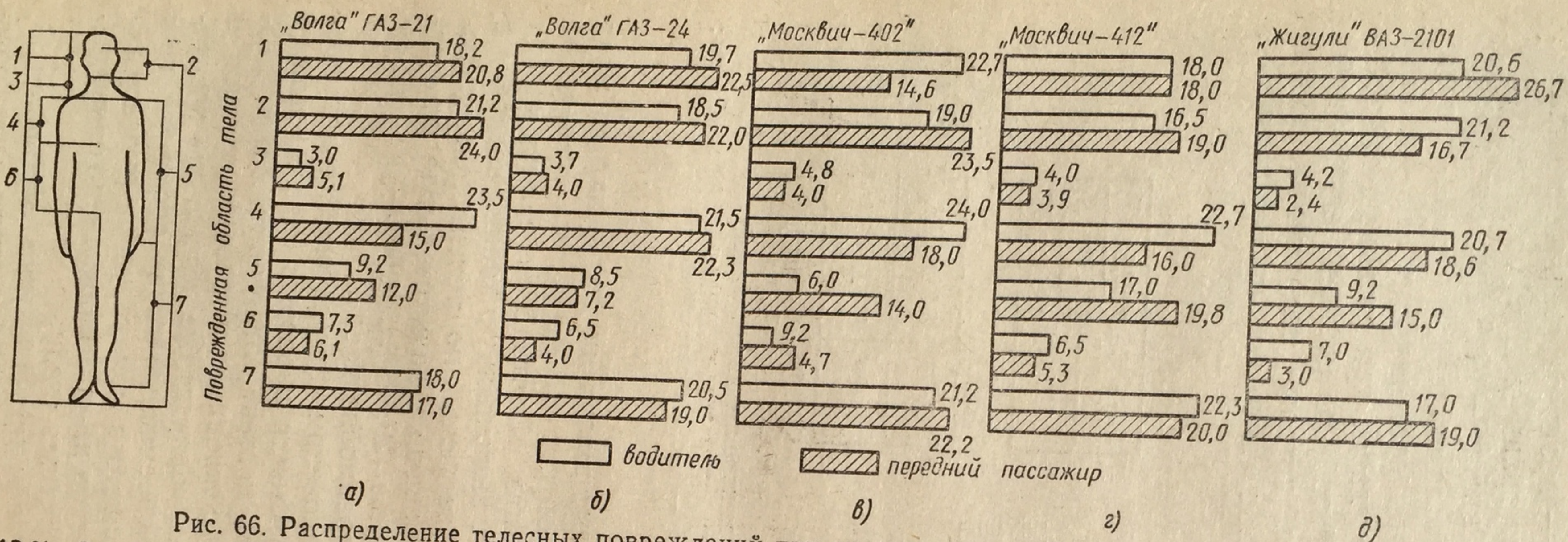


Рис. 66. Распределение телесных повреждений при авариях различных автомобилей, %:  
 а — ГАЗ-21 «Волга»; б — ГАЗ-24 «Волга»; в — «Москвич-402» и «Москвич-407»; г — «Москвич-408» и «Москвич-412»; д — ВАЗ-2101 «Жигули»; 1 — голова; 2 — лицо; 3 и 4 — грудь; 5 — верхние конечности; 6 — брюшная и тазовая области; 7 — нижние конечности

автомобилей и наездах на неподвижные препятствия у водителей и передних пассажиров наблюдаются травмы головы, конечностей и груди, реже — живота. У задних пассажиров чаще повреждаются грудь, живот, нижние конечности, реже — голова и верхние конечности. На рис. 66 показано примерное распределение травм водителя и переднего пассажира (по данным МАДИ). Самые серьезные телесные повреждения получает обычно передний пассажир, не пользовавшийся ремнем безопасности. Менее тяжелые травмы наблюдаются у водителя и относительно легкие — у задних пассажиров.

На рис. 67 показан механизм образования травм при встречных столкновениях у водителей легкового автомобиля. В начале удара водитель скользит по сиденью вперед и его конечности ударяются о панель приборов (рис. 67, а и б). Затем сгибаются тазобедренные суставы и верхняя часть туловища наклоняется вперед до удара о рулевое колесо (рис. 67, в и г). При больших скоростях автомобиля возможен удар о ветровое стекло (рис. 67, д и е), а при боковых столкновениях — повреждение головы об угловую сторону кузова. Передний пассажир, перемещаясь вперед, также ударяется сначала коленями о панель



Рис. 67. Механизм образования травм при авариях



Рис. 68. Механизм образования травм при авариях

При ударе с боковой стороны водителя и пассажиров повреждаются конечности, грудная клетка, живот, голова. В табл. 1 приведены данные по результатам исследований в области безопасности дорожного движения. При ударе с боковой стороны водителя и пассажиров повреждаются конечности, грудная клетка, живот, голова. В табл. 1 приведены данные по результатам исследований в области безопасности дорожного движения.



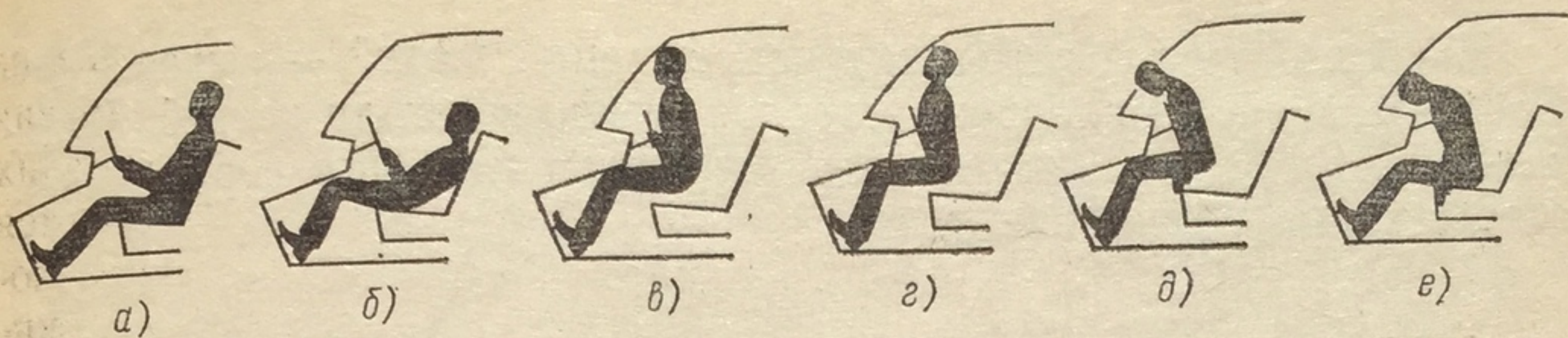


Рис. 67. Механизм образования травм у водителя при столкновении автомобилей

приборов, затем головой о ветровое стекло (рис. 68, а—г). В случае движения автомобиля с большой скоростью возможно травмирование подбородка и груди пассажира о верхний край панели приборов (рис. 68, д и е). При боковых ударах повреждаются плечи, руки и колени. Таким образом, источниками травм водителя наиболее часто являются рулевая колонка, рулевое колесо, панель приборов. Для передних пассажиров опасность представляют панель приборов и ветровое стекло, а для задних — спинки передних сидений. Кнопки и рычаги управления, пепельницы, детали радиоприемника обычно не наносят серьезных ранений. Однако

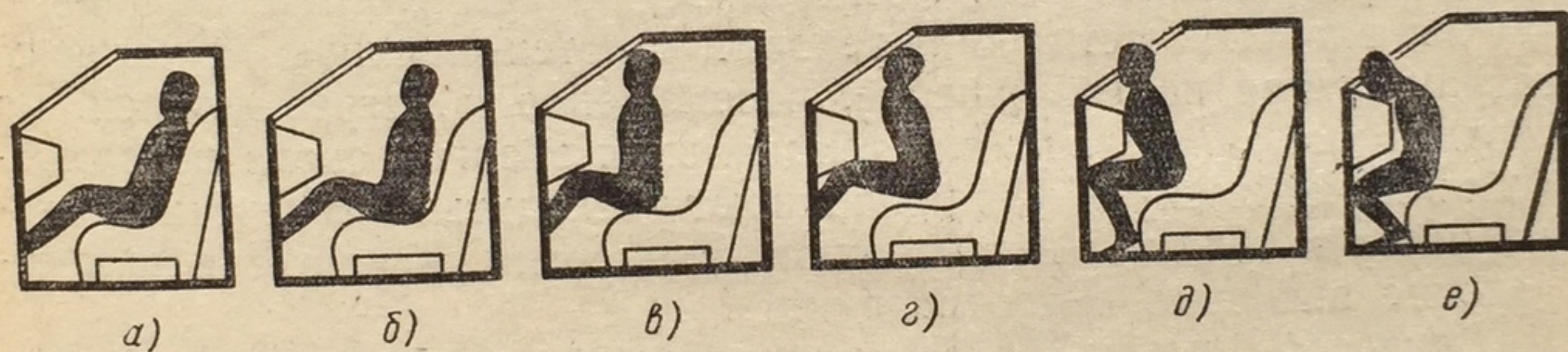


Рис. 68. Механизм образования травм у переднего пассажира при столкновении автомобилей

при ударе о них головой у водителя и пассажиров может быть повреждено лицо (изуродованы нос и губы, выбиты зубы и т. д.).

В табл. 27 приведены сведения по источникам травмирования людей по результатам наблюдений исследователей Корнельского университета (США) и Бюффнера (ФРГ).

Рис. 68. Механизм образования травм у переднего пассажира при столкновении автомобилей

Источники	Повреждения, %		Источники	Повреждения, %	
	США	ФРГ		США	ФРГ
Рулевое управление	20,5	14,6	Спинка переднего сиденья	6,8	6,1
Панель приборов	20,2	19,4	Передняя стойка	3,3	—
Ветровое стекло	18,7	15,9	Зеркало заднего обзора	2,0	3,7
Двери	11,2	18,6	Подвижные предметы	—	0,6
Крыша	4,3	4,6	Прочие	18,0	11,2
Днище	—	5,5			



Наиболее частые источники повреждений людей — рулевое управление, панель приборов, ветровое стекло и детали дверей. Большое число травм получают люди при выбрасывании через двери, открывшиеся вследствие удара.

## § 17. ВНУТРЕННЯЯ ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Совершенствование автомобиля и повышение его пассивной безопасности происходят одновременно по нескольким направлениям. Конструктивные мероприятия, улучшающие внутреннюю пассивную безопасность, предусматривают снижение инерционных перегрузок в процессе удара, ограничение перемещения людей в салоне, устранение травмоопасных деталей, закрепление багажа и инструмента.

### 1. УМЕНЬШЕНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Процесс удара обычно разделяют на три фазы. В течение первой фазы соударяющиеся тела, сближаясь, деформируются, их кинетическая энергия частично переходит в потенциальную, а частично затрачивается на разрушение, перемещение и нагрев деталей. Во второй фазе накопленная потенциальная энергия снова превращается в кинетическую, и тела начинают расходиться. В течение третьего периода тела не контактируют, их энергия расходуется на преодоление внешнего сопротивления.

Согласно опытам НАМИ, при наезде автомобиля на неподвижное препятствие длительность первой фазы составляет 0,05—0,1 с, а второй 0,02—0,04 с. Максимальное замедление центра тяжести автомобиля при скорости 8,3—14 м/с достигает 45—60g. Средние замедления для грузовых автомобилей равны 20—25g, а для пассажирских ( $v = 14$  м/с) 15—20g. Остаточные деформации пассажирских автомобилей после удара о плоскую стенку достигают 400—500 мм, а грузовых 150—180 мм, что обусловлено большей жесткостью последних. При ударе о сосредоточенное препятствие (столб, дерево) деформация может быть значительно больше.

Основной причиной разрушения автомобилей и травмирования людей при ДТП являются ударные нагрузки. Эти нагрузки имеют импульсный характер, и хотя действие их кратковременно, они достигают больших величин вследствие резкого изменения скорости автомобиля. При встречных столкновениях автомобилей и наезде автомобиля на препятствие замедления особенно большое значение (300—400g) имеют в зоне переднего бампера (рис. 69, а) и уменьшаются по направлению к задней части автомобиля. Среднее замедление центра тяжести автомобиля может достигать 40—60g. Мгновенные замедления  $j_{\max}$  центра тяжести больше средних и составляют 80—100g (рис. 69, б). Еще больше замедления тела человека в процессе вторичного удара.

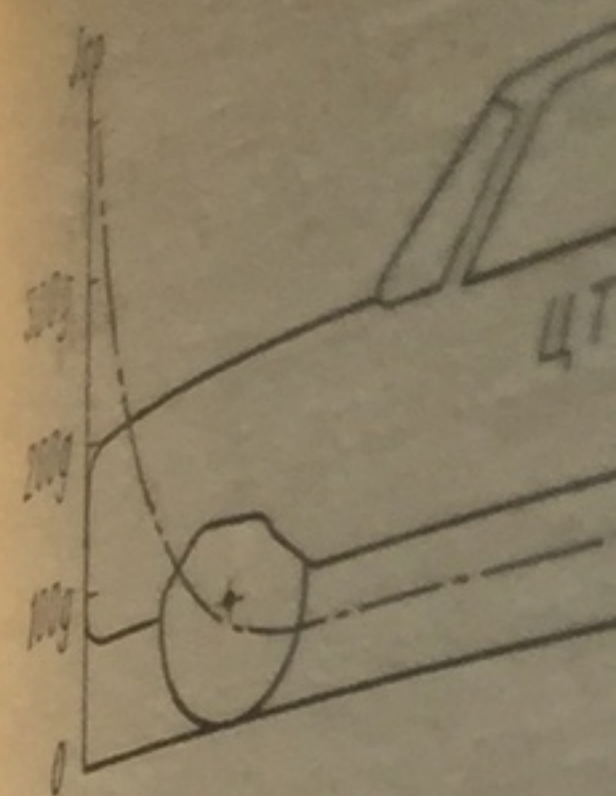


Рис. 69. Изменение

а — распределение заме

Если считать  
скорости автомоби  
 $s_a = 0,4$  м средне

$$j_{\text{ср}} = v^2 /$$

Если при этом  
водителя перемест

примерно 200g и

Для снижения

тельность деформ

ну вокруг водите

каса в сочетании

задней частями к



Рис. 70.  
а — деформируема



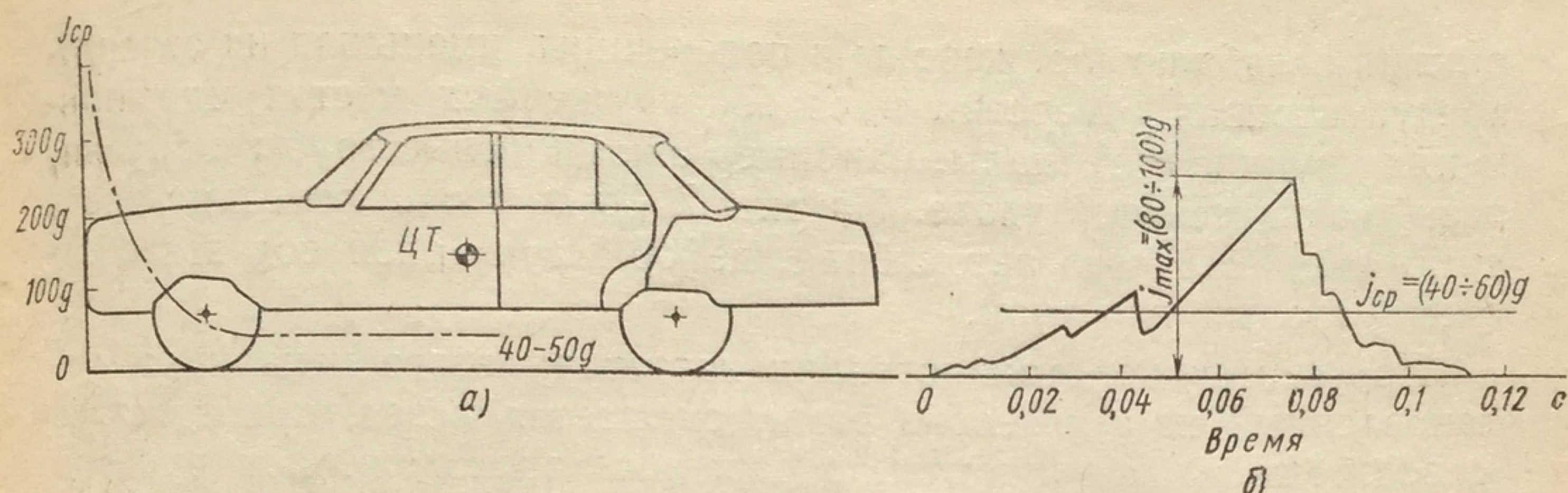


Рис. 69. Изменение замедлений при наезде автомобиля на неподвижное препятствие:

а — распределение замедлений по длине автомобиля; б — изменение замедлений по времени

Если считать движение равнозамедленным, то при начальной скорости автомобиля  $v = 20$  м/с и деформации его передней части  $s_a = 0,4$  м среднее замедление

$$j_{cp} = v^2 / (2s_a) = 400 / (2 \cdot 0,4) = 500 \text{ м/с}^2 \approx 50 \text{ g}.$$

Если при этом рулевое управление под воздействием удара тела водителя переместится на 0,1 м, то замедление тела может достичь примерно 200g и вызвать весьма тяжелые травмы.

Для снижения инерционных нагрузок увеличивают продолжительность деформации деталей. С этой целью создают защитную зону вокруг водителя и пассажиров путем устройства жесткого каркаса в сочетании с легко сминающимися при ударах передней и задней частями кузова (рис. 70, а). У автомобилей рамной конст-

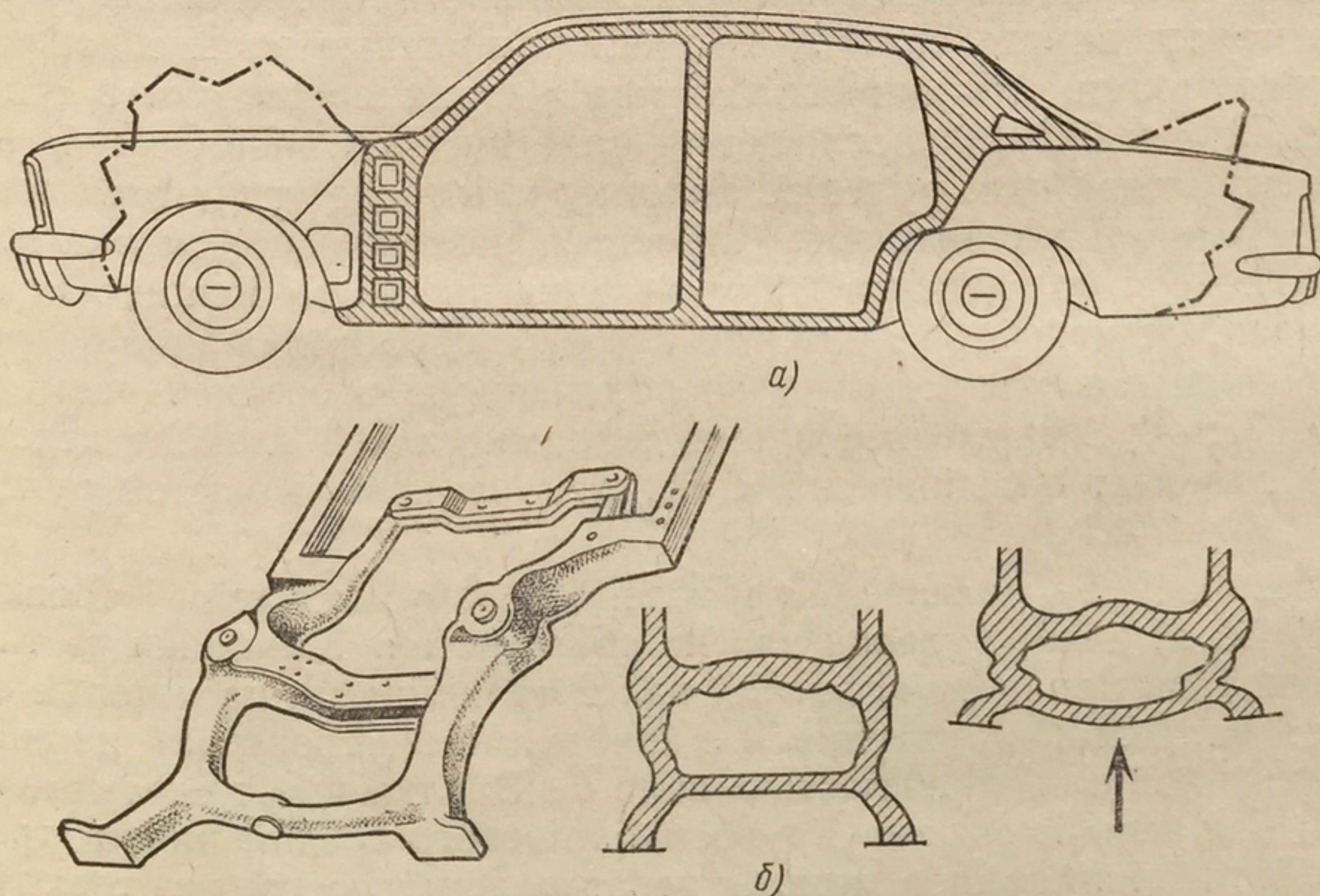


Рис. 70. Автомобили с легко деформируемыми частями:

а — деформируемая передняя и задняя части автомобиля; б — деформируемая рама



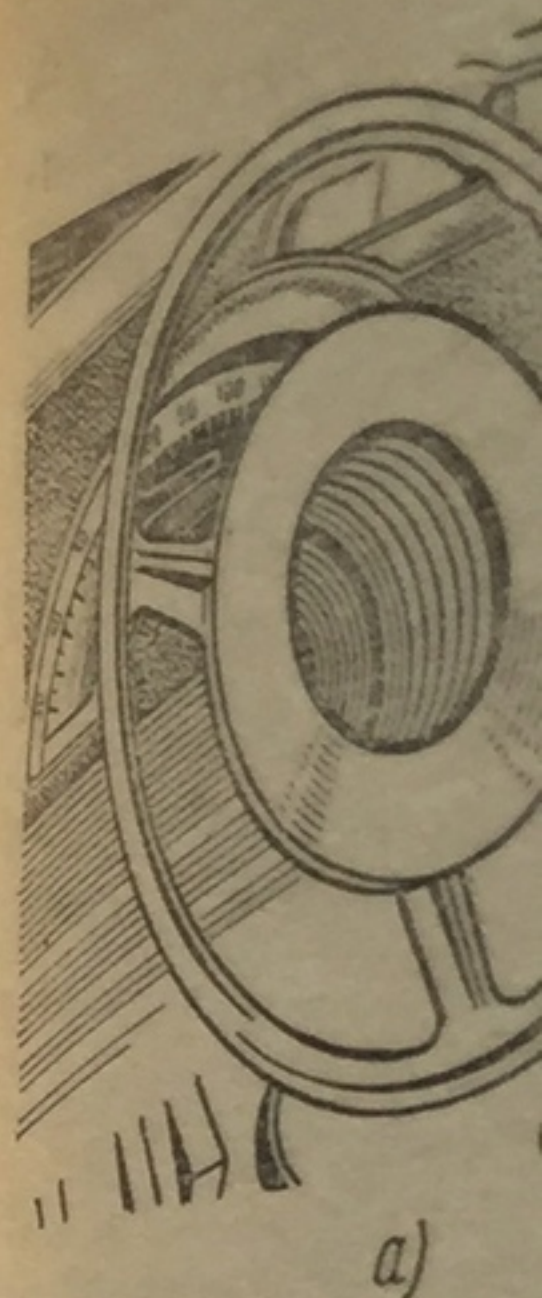
рукции ослабляют лонжероны и поперечины, уменьшая их сечение, предусматривая отверстия в слабонагруженных местах или применяя хрупкие материалы, например алюминиевые трубы и бруссы, разрушающиеся при ударе. На рис. 70, б показана передняя часть рамы американского автомобиля, деформирующаяся под воздействием ударных нагрузок.

При встречных столкновениях картер рулевого механизма, установленный на лонжероне рамы, смещается назад, приближаясь к водителю. У автомобилей с передним расположением рулевой трапеции это смещение настолько велико, что водитель может получить травму уже при первичном ударе. Во время вторичного удара тело водителя деформирует рулевое колесо и входит в контакт с его ступицей и рулевым валом. В результате водитель получает тяжелые травмы лица, груди, брюшной полости, а иногда и сердца.

Для защиты водителя ступицу рулевого колеса делают большого диаметра и снабжают упругой оболочкой (рис. 71, а) или утапливают ее так, чтобы спицы составляли с плоскостью обода угол не менее  $20^\circ$  (рис. 71, б). На автомобилях «Москвич» для повышения защитных свойств рулевого колеса применена мягкая накладка на обод. Спицы и каркас обода, штампованные из листовой стали, при больших нагрузках изгибаются, в результате рулевое колесо расширяется перпендикулярно к направлению удара. В некоторых автомобилях с этой же целью под рулевым колесом размещают гофрированный энергопоглощающий элемент 1 типа сильфона (рис. 71, в).

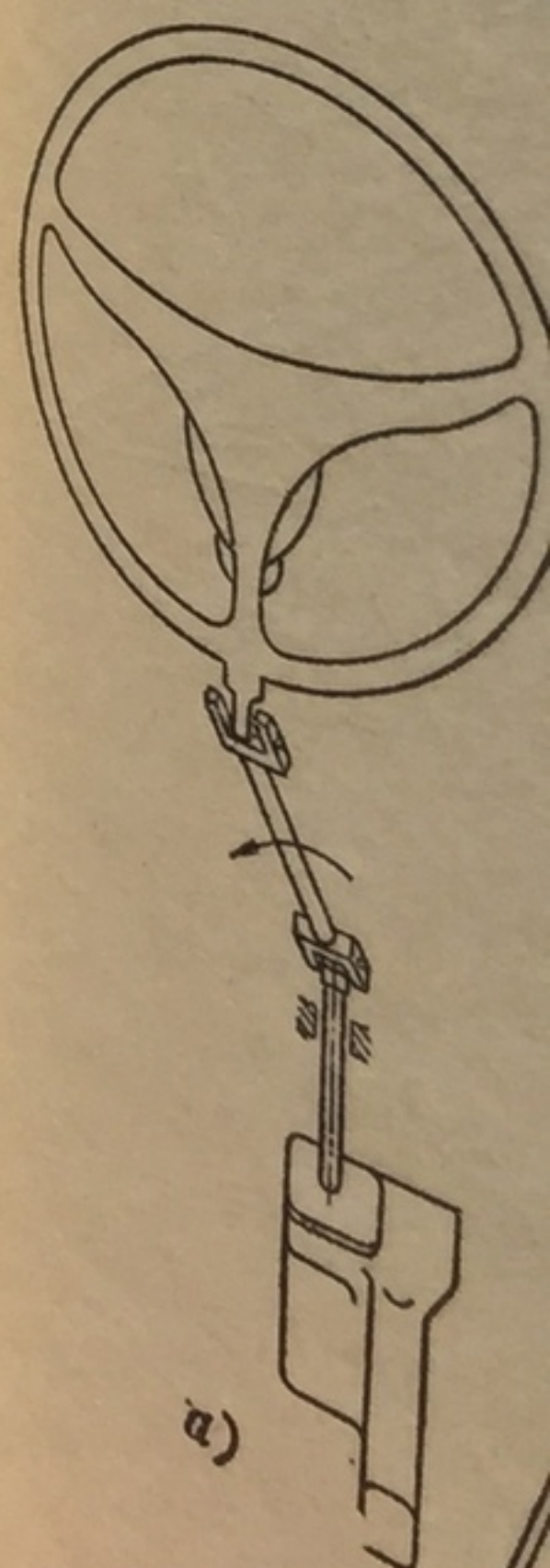
Конструкции безопасных рулевых управлений весьма разнообразны. Так, чтобы уменьшить возможность проникновения рулевого колеса внутрь салона, применяют рулевые валы с карданными шарнирами, отклоняющиеся при ударах вверх или в сторону (рис. 72, а и б). Для поглощения кинетической энергии тела водителя в рулевой вал, рулевую колонку или в обе эти детали встраивают специальные защитные элементы, разрушающиеся или деформирующиеся под действием больших нагрузок. У некоторых автомобилей защитный элемент имеет форму перфорированной трубы с ромбовидными отверстиями, расположенную в средней части вала (рис. 72, в). В последнее время деформируемый элемент делают в виде пластин, приваренных к внутренним концам частей рулевого вала (рис. 72, г).

Безопасное рулевое управление автомобилей «Москвич» (рис. 72, д) имеет рулевой вал из двух частей. К нижней части рулевого вала приварен короткий вал 2 со шлицами, на которые с натягом напрессована втулка 4 с короткими внутренними шлицами, соединенная с верхней частью вала 5. Втулка имеет сквозные прорези 3, увеличивающие упругость шлицевого соединения и трение при сближении концов вала. Рулевая колонка состоит из трех труб, между которыми размещены пластмассовые пластины 1, повышающие сопротивление сдвигу.



а — рулевое колесо со  
томобиля «Москвич»; а  
но до

Рулевое управ  
ную муфту (рис. 7  
ней 1 и верхней  
лены две предохра  
прорезиненной тк  
ками 3 через уск  
водитель ударяет  
ся по скосам, де  
шая деталь 6. Ча



а — отклоняющийся  
щитным элементом;  
2



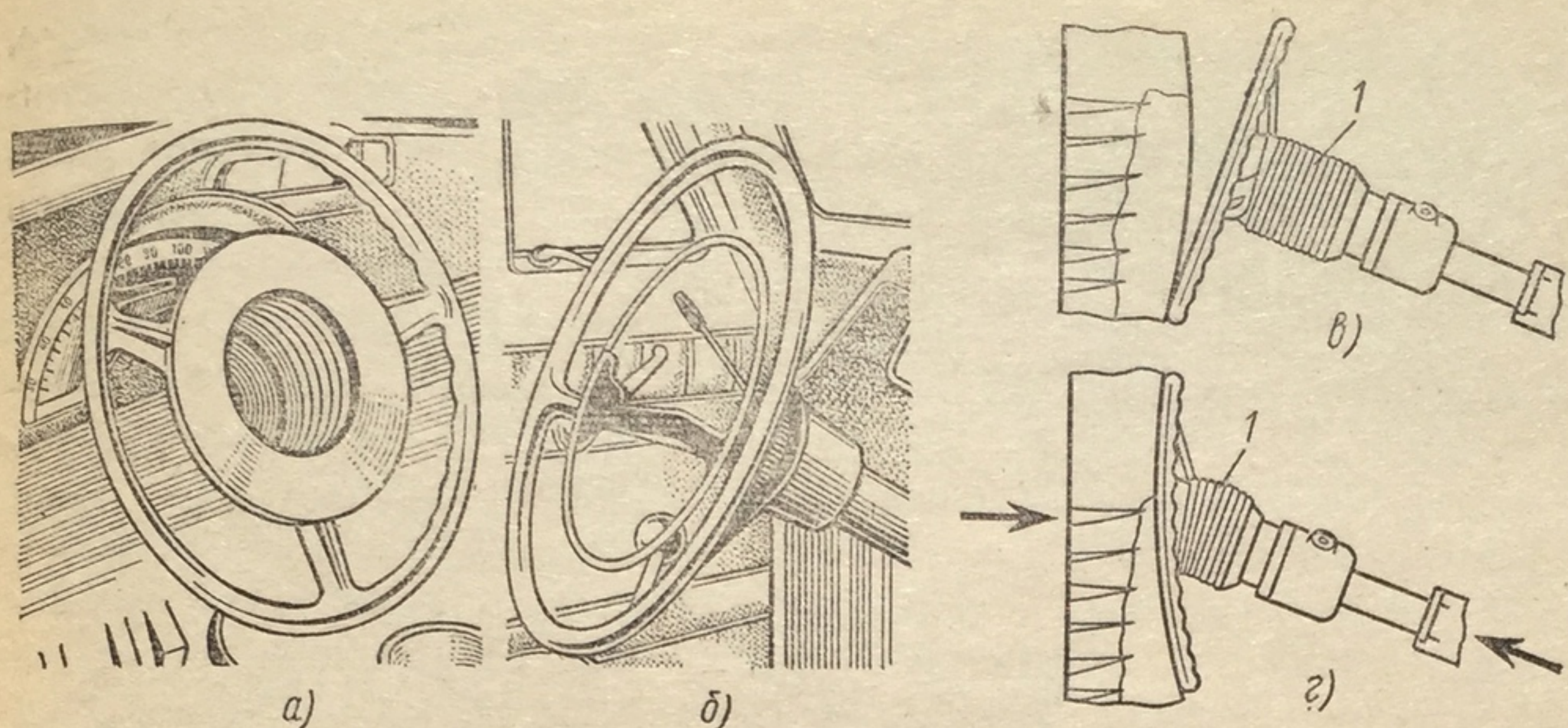


Рис. 71. Безопасные рулевые колеса:

*a* — рулевое колесо со ступицей большого диаметра; *б* — тюльпанное рулевое колесо автомобиля «Москвич»; *в* и *г* — рулевое колесо с гофрированным элементом соответственно до удара и после него; *1* — гофрированный элемент

Рулевое управление автомобиля ГАЗ-24 «Волга» имеет безопасную муфту (рис. 73) с двумя фланцами 2 и 7, закрепленными на нижней 1 и верхней 8 частях рулевого вала. Между фланцами установлены две предохранительные пластины 4 и эластичная деталь 6 из прорезиненной ткани, прикрепленная к каждому из фланцев шпильками 3 через усилитель 5. При наезде автомобиля на препятствие водитель ударяется о рулевое колесо, фланцы муфты перемещаются по склонам, деформируя предохранительные пластины и разрушая деталь 6. Часть энергии (около 10%) тратится также на переме-

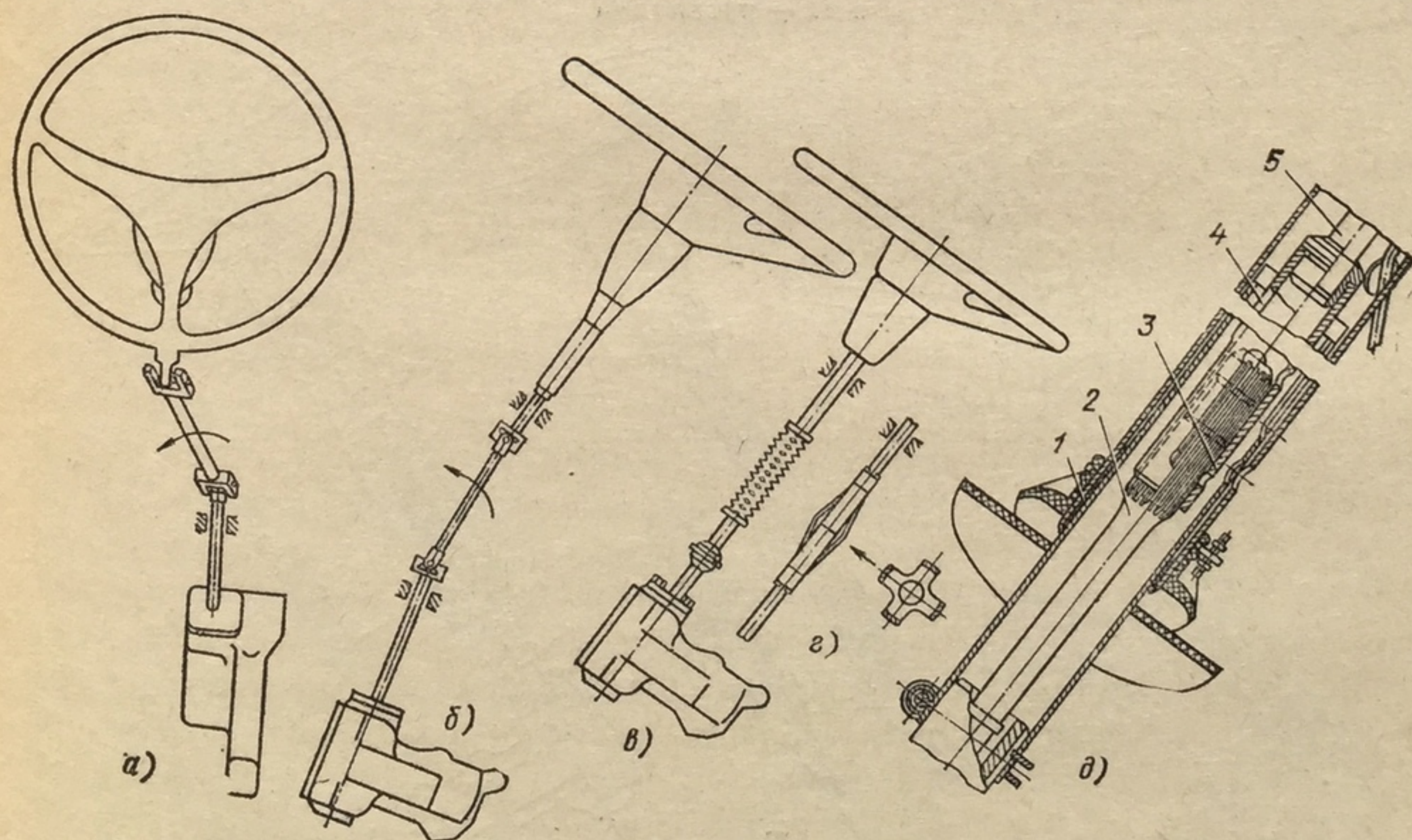


Рис. 72. Безопасные рулевые валы:

*a* — отклоняющийся в сторону; *б* — откидывающийся вверх; *в* — с перфорированным защитным элементом; *г* — с упругими пластинами; *д* — со шлицевой втулкой; *1* — пластина; *2* — короткий вал; *3* — прорезь; *4* — втулка; *5* — вал



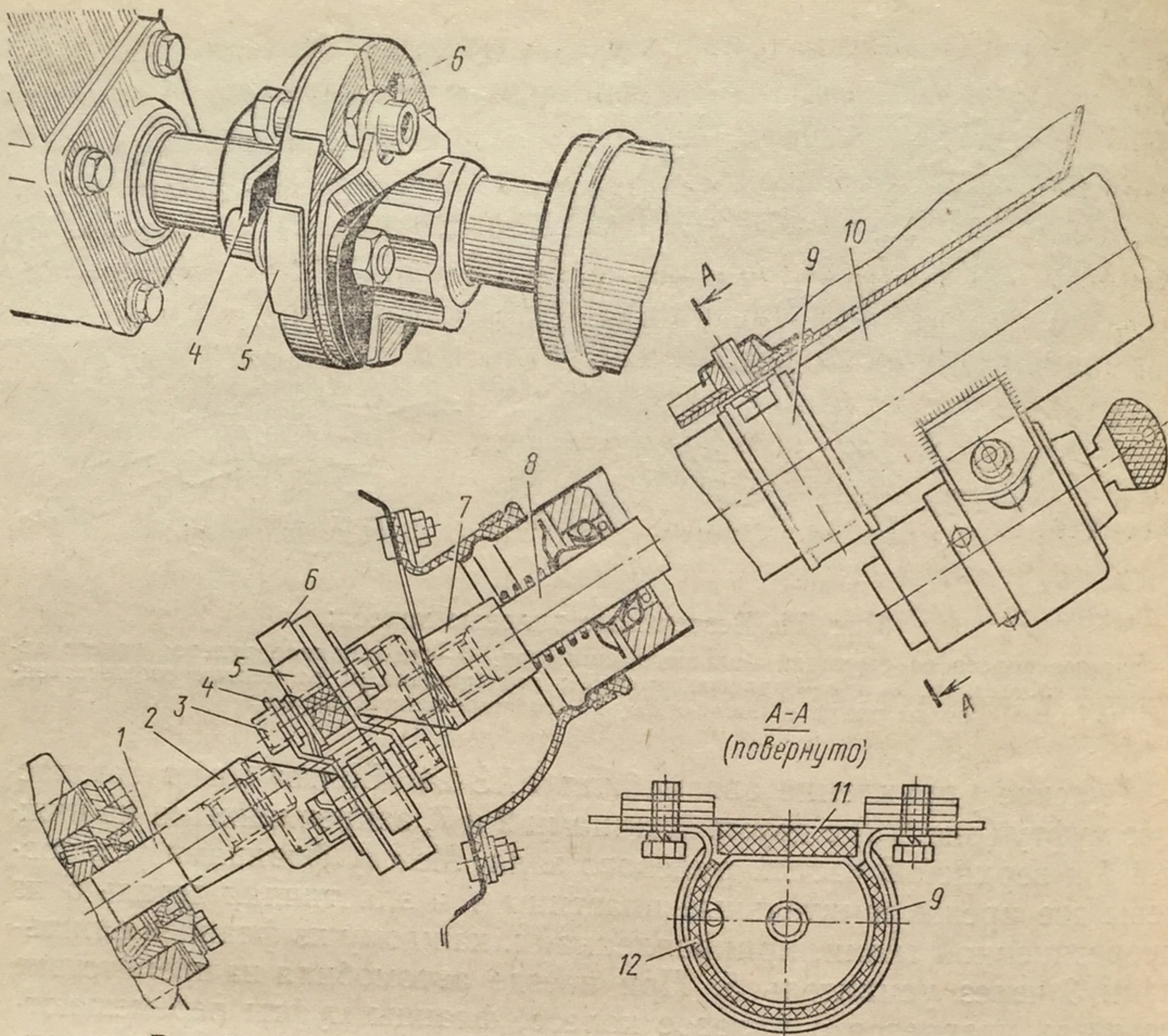


Рис. 73. Рулевое управление автомобиля ГАЗ-24 «Волга»:

1 и 8 — нижняя и верхняя части рулевого вала; 2 и 7 — фланцы; 3 — шпилька; 4 — пластина; 5 — усилитель; 6 — разрушаемая деталь; 9 — хомут; 10 — рулевая колонка; 11 и 12 — прокладки

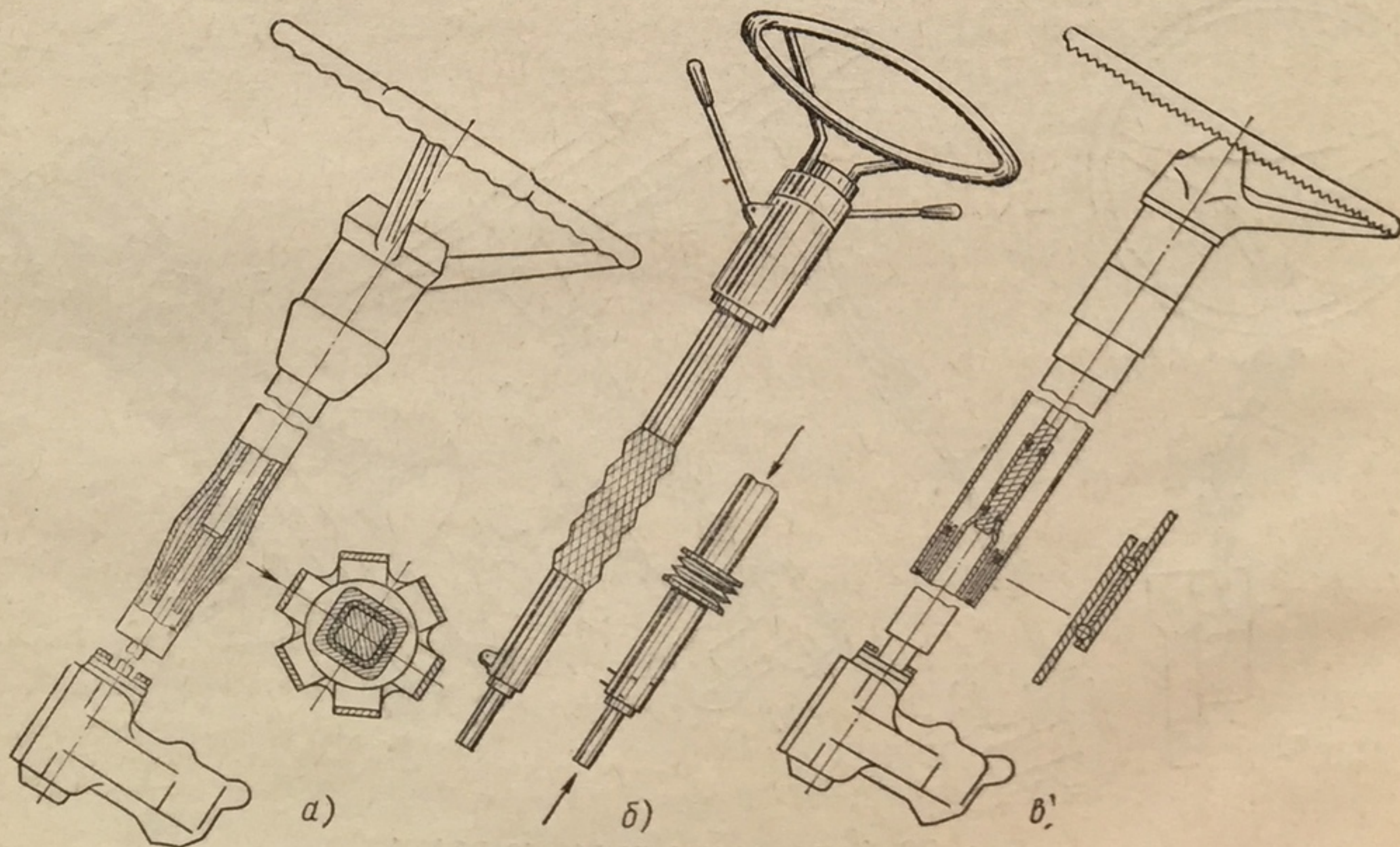


Рис. 74. Безопасные рулевые колонки:

а — с упругими пластинами; б — с перфорированным защитным элементом; б' — со стальными шариками

шение рулевой ко-  
муте 9. Сила удар  
ходит нагрузку,  
травм.

Энергопоглоща-  
ющей колонки,  
выполнены или в  
рированной сетки  
стоят из двух час  
вой посадки и пл  
кронштейне, креп  
зи, допускающие  
препятствующие

Иногда рулев  
Между внутренн  
кольцевых поясо  
перемещении тру

2. ОГ

Наиболее про  
раничивающим п  
ях, являются ре  
мотрено обяза  
мест для сидени

Имеется бол  
ней. Наибольш  
диагонально-поя  
трех точках. Со  
между точками  
0,35 м. Верхняя  
даться позади т  
ходимо, чтобы  
лие не менее 22  
ки ремня долж  
ность кнопки э  
лямки ремня до  
ка не должна  
ремня должна  
давать усилий  
того, лямки не  
должны контак  
ми тела. Расп  
взаимное пере  
приводящее к  
Эффективн  
исследования  
зование ремня



шение рулевой колонки 10 по резиновым прокладкам 11 и 12 в хомуте 9. Сила удара, разрушающая эластичную деталь, не превосходит нагрузку, которую может выдержать человек без тяжелых травм.

Энергопоглощающие элементы, соединяющие две части рулевой колонки, изображены на рис. 74. Эти элементы могут быть выполнены или в виде упругих пластин (рис. 74, а), или в виде гофрированной сетки (рис. 74, б). Рулевые валы в обоих случаях состоят из двух частей, соединенных между собой с помощью прессовой посадки и пластмассовых заклепок, срезаемых при ударах. В кронштейне, крепящем рулевую колонку к кузову, сделаны прорезы, допускающие перемещение верхней части колонки вперед и препятствующие проникновению ее внутрь салона.

Иногда рулевую колонку делают телескопической (рис. 74, в). Между внутренней и наружной трубами располагают несколько кольцевых поясов закаленных стальных шариков. При продольном перемещении труб шарики вдавливаются в их стенки.

## 2. ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЮДЕЙ

Наиболее простым и вместе с тем эффективным средством, ограничивающим перемещение людей внутри автомобиля при авариях, являются ремни безопасности. Законами многих стран предусмотрено обязательное оборудование ремнями безопасности всех мест для сидения в автомобиле.

Имеется большое количество разнообразных конструкций ремней. Наибольшее распространение получили комбинированные диагонально-поясные ремни, крепящиеся к кузову автомобиля в трех точках. Согласно Правилам ЕЭК ООН и ГОСТам расстояние между точками крепления поясного ремня должно быть не менее 0,35 м. Верхняя точка крепления плечевого ремня должна находиться позади точки опоры водителя на сиденье и выше нее. Необходимо, чтобы точки крепления поясного ремня выдерживали усилие не менее 22,7 кН, а плечевого ремня — не менее 22,9 кН. Замки ремня должны открываться одной рукой. Минимальная поверхность кнопки замка 4,5 см<sup>2</sup>, минимальная ширина 10 мм. Ширина лямки ремня должна быть не менее 51 мм под нагрузкой 10 кН; лямки ремня должны скручиваться под нагрузкой. Лямки пристегнутого ремня должны проходить по осям человеческого скелета, и не передавать усилий на органы, не защищенные грудной клеткой. Кроме того, лямки не должны создавать местных высоких давлений и не должны контактировать с болезненными и легко ранимыми частями тела. Расположение ремня должно по возможности уменьшать взаимное перемещение (изгиб и поворот) отдельных частей тела, приводящее к дополнительным нагрузкам.

Эффективность ремней безопасности доказана многочисленными исследованиями. Так, по данным США и ФРГ, правильное использование ремней уменьшает число травм на 60—75%. По результа-



там шведских исследований, применение ремней более чем в 2 раза уменьшает тяжесть последствий и в 50—70 случаях из 100 предотвращает тяжелые ранения.

На рис. 75 показаны результаты исследования, проведенного МАДИ совместно с 1-м Московским медицинским институтом им. И. М. Сеченова. В средней части графика показана зависимость деформации  $\Delta$  легкового автомобиля от приведенной скорости автомобиля  $v_{пр}$  при встречных столкновениях, полученная путем натурных наблюдений ДТП. Горизонтальные линии в верхней части

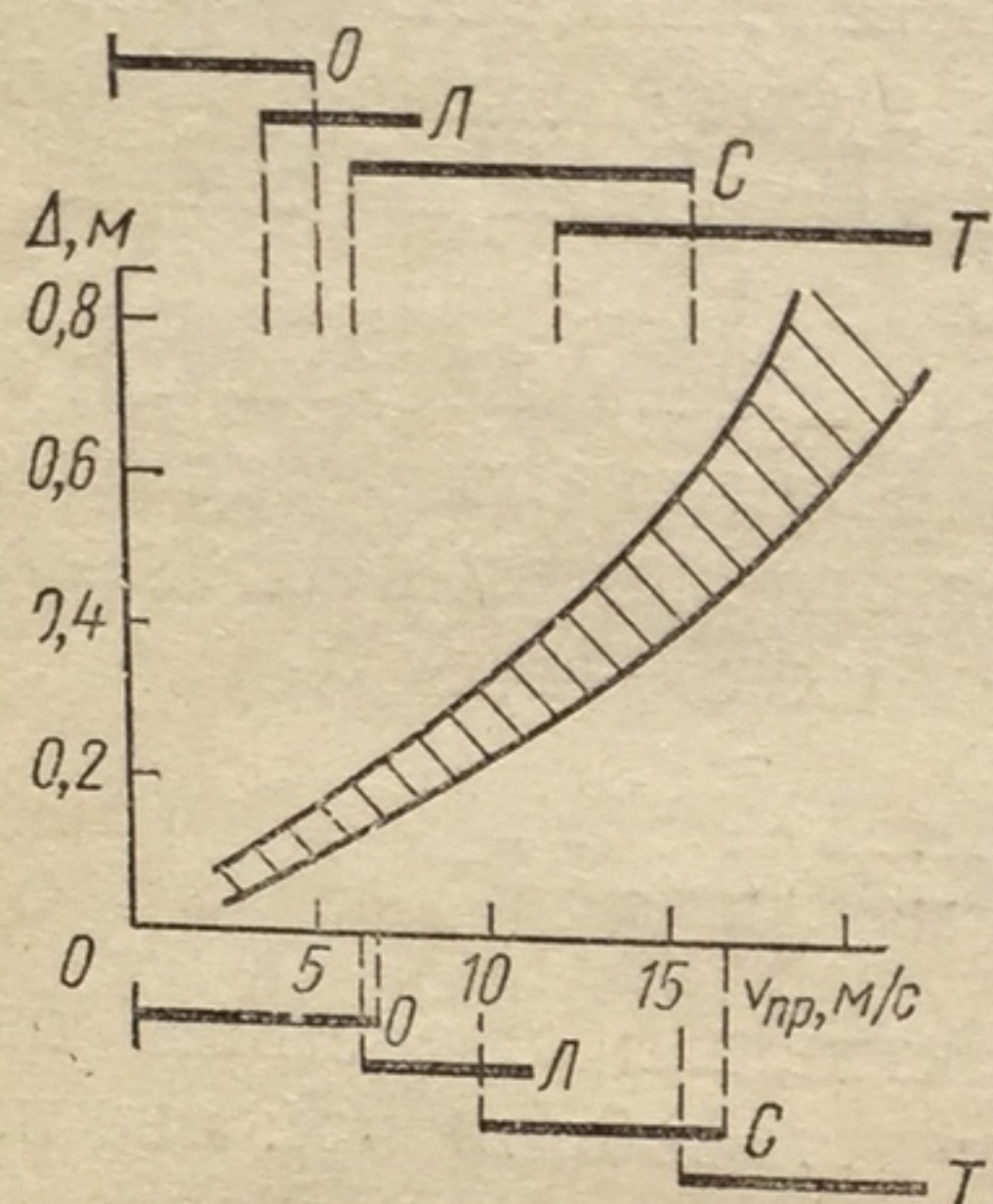


Рис. 75. График вероятности получения повреждений при отсутствии ремней безопасности и при их использовании:

О — нет повреждений; Л — легкие повреждения; Т — тяжелые повреждения; С — смертельные травмы

графика характеризуют диапазоны скоростей, при которых возможны повреждения различной тяжести водителей и пассажиров, не пристегнутых ремнями безопасности, а в нижней части — то же самое при использовании ремней. Применение ремней существенно увеличивает возможность безопасного движения автомобиля с высокими скоростями. Так, при отсутствии ремней безопасности смертельный исход возможен уже при скорости 11—12 м/с, при использовании ремней он возможен лишь при скорости 15—16 м/с. Соответственно повышаются предельные скорости и при других видах травм.

В процессе столкновений и наездов автомобилей человек, не пристегнутый ремнем, продолжает движение по инерции с прежней скоростью и ударяется о детали автомобиля, который к этому моменту успевает остановиться. При наличии ремня скорость человека уменьшается в процессе деформации передней части автомобиля и лямок ремня. Относительная скорость человека в этом случае значительно меньше, и удары его о твердые детали интерьера могут не вызвать серьезных повреждений.

Определим примерную нагрузку, приходящуюся во время удара на человека, пристегнутого ремнем безопасности. Вначале автомобиль движется со средним замедлением  $j_{ср}$ , а человек со средним замедлением  $j_ч$ . Если жесткость  $c_л$  ремня постоянна, то

$$m_ч j_ч - c_л (S_ч - S) = 0,$$

где  $m_ч$  — масса человека, кг;  $S_ч$  и  $S$  — перемещения соответственно человека и автомобиля, м.

Поскольку  $j_ч = \ddot{S}_ч$  и  $S = v_0 t - 0,5 j_{ср} t^2$ , то

$$m_ч \ddot{S}_ч - c_л S_ч = c_л (v_0 t - 0,5 j_{ср} t^2),$$

где  $v_0$  — начальная скорость автомобиля;  $t$  — время движения.



Решая это дифференциальное уравнение, получаем

$$S_q = \frac{j_{cp} m_q}{c_{\text{л}}} \left[ 1 - \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_q}} t \right) \right] + v_0 t - 0,5 j_{cp} t^2.$$

Скорость человека изменяется по закону

$$v_q = \dot{S}_q = \sqrt{\frac{m_q}{c_{\text{л}}}} j_{cp} \sin \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_q}} t \right) + v_0 - j_{cp} t, \quad (81)$$

а замедление

$$j_q = \dot{v}_q = j_{cp} \left[ \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_q}} t \right) - 1 \right].$$

Время движения автомобиля до остановки

$$t_1 = v_0 / j_{cp}. \quad (82)$$

Следовательно, сила, действующая на человека со стороны ремня в момент остановки автомобиля,

$$P_1 = m_q j_q = m_q j_{cp} \left[ \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_q}} \frac{v_0}{j_{cp}} \right) - 1 \right]. \quad (83)$$

Кроме этой силы, вызванной относительным замедлением тела человека, на него действует сила, обусловленная его кинетической энергией.

Максимальную силу  $P_{\text{max}}$ , приложенную к телу человека, можно найти из следующих соотношений:

$$0,5 m_q v_{q1}^2 = 0,5 (P_1 + P_{\text{max}}) S_{q \text{ max}}, \quad (84)$$

$$S_{q \text{ max}} = (P_{\text{max}} - P_1) / c_{\text{л}}, \quad (85)$$

где  $v_{q1}$  — скорость человека в момент остановки автомобиля, определяемая формулой (81);  $S_{q \text{ max}}$  — максимальное перемещение человека и соответствующая ему деформация ремня безопасности.

Решая уравнения (84) и (85) с учетом выражения (83), получаем

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= m_q j_{cp} \sqrt{2 - 2 \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_q}} \frac{v_0}{j_{cp}} \right)} = \\ &= m_q \frac{v_0^2}{2S} \sqrt{2 - 2 \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_q}} \frac{2S}{v_0} \right)}. \end{aligned}$$

На рис. 76 приведены результаты подсчета по этой формуле при  $m_q = 70$  кг,  $c_{\text{л}} = 70$  кН/м и  $v_0 = 10 \div 20$  м/с. Нагрузка, испытываемая человеком, увеличивается по мере уменьшения деформации  $\Delta_a$  передней части автомобиля и повышения его начальной скорости. Соответственно возрастает и перемещение тела человека  $S_q$ .

Эффективность ремней безопасности могла быть значительно выше, если бы ими пользовались все водители и пассажиры. Однако



число лиц, пользующихся ремнями, по зарубежным данным, составляет примерно 30% на автомагистралях и около 10% в крупных городах. Обследование, проведенное МАДИ совместно с ГАИ в Москве и Московской области, показало, что число автомобилистов, применяющих ремни, еще невелико (20—60%), несмотря на требования правил дорожного движения. Кроме того, многие водители и пассажиры надевают ремни, но не пристегивают их.

Нежелание пользоваться ремнями безопасности вызывается несколькими причинами. Многим людям неприятна сама мысль о воз-

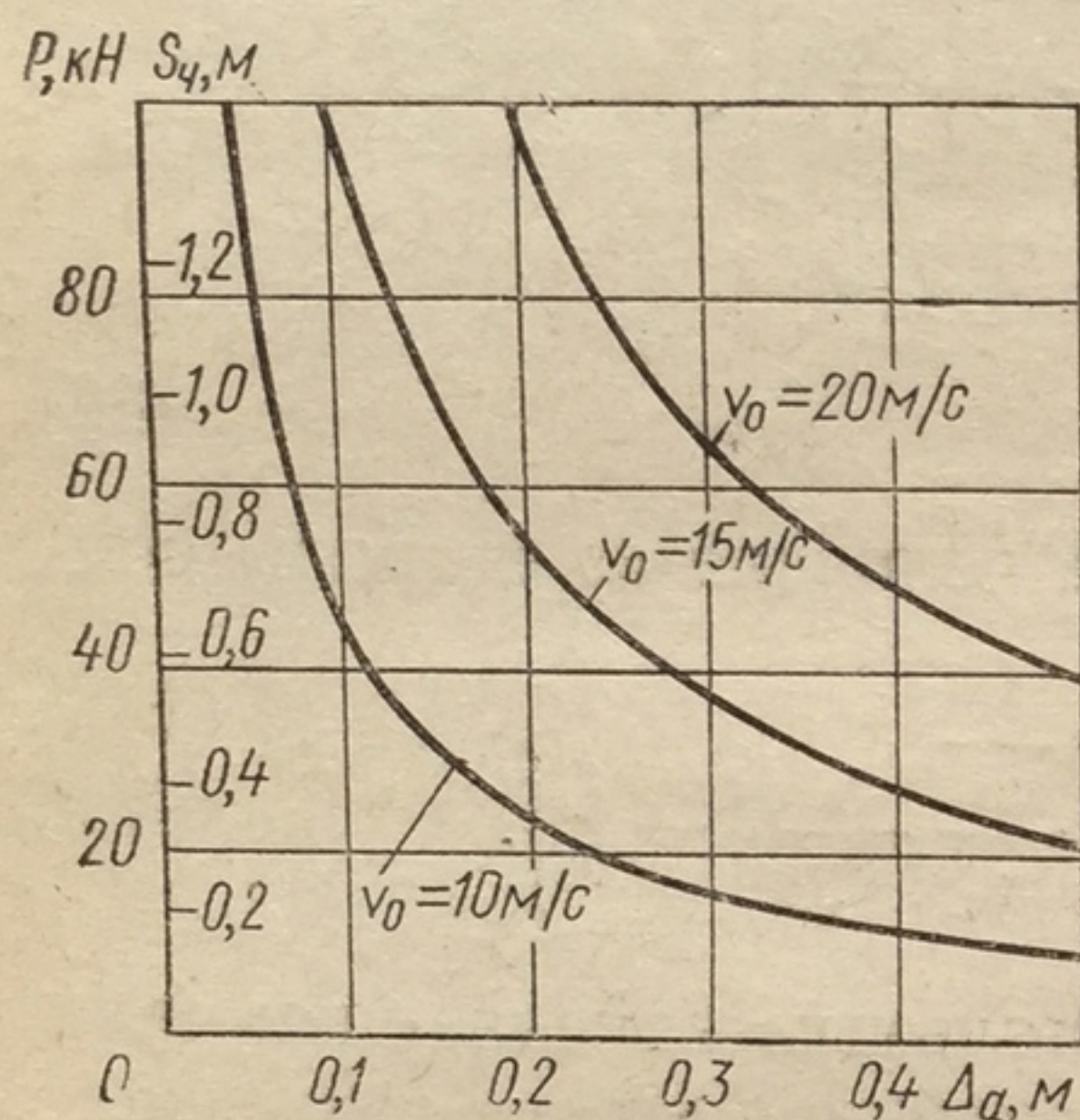


Рис. 76. Зависимость нагрузки  $P$ , действующей на человека, от деформации  $\Delta a$  передней части автомобиля и его скорости  $v_0$  перед ударом

можной аварии и всем с ней связанном. Другие опасаются, что им трудно будет покинуть поврежденный автомобиль при пожаре или опрокидывании. Ремень должен плотно прилегать к телу (зазор между лямкой и грудью не более 100 мм), иначе он может не удержать человека, и последний ударится о детали автомобиля, хотя и с уменьшенной скоростью; однако туго натянутый ремень стесняет движения, мешает управлению, изнашивает и пачкает одежду.

На рис. 77, а изображен диагонально-поясной ремень с тремя точками крепления, получивший в настоящее время наибольшее распространение. У автомобилей ВАЗ, АЗЛК и ГАЗ отверстия для крепления ремней расположены на центральных стойках кузова, на внутренних сторонах дверных порогов и на днище кузова с обеих сторон туннеля карданного вала. На грузовых автомобилях применяют ремни безопасности с двумя точками крепления, состоящие из двух лямок (рис. 77, б). На гоночных и спортивных автомобилях используют ремни с четырьмя — шестью точками крепления и соответственно с тремя — пятью лямками (рис. 77, в).

Чтобы увеличить степень использования ремней безопасности, применяют системы, препятствующие пуску двигателя, если ремень не пристегнут. Так, на некоторых зарубежных автомобилях (рис. 77, г) при посадке водителя на сиденье срабатывает датчик 5, включающий сигнальную лампу 1 и зуммер 2, предупреждающий о необходимости надеть ремень безопасности и одновременно блокирующий замок зажигания. После надевания ремня и соединения верхней 3 и нижней 4 частей его замка зуммер и лампа выключаются, а система зажигания разблокируется.

На рис. 77, д показаны ремни безопасности, которые не надо застегивать при посадке в автомобиль и отстегивать при выходе из него. При закрывании двери рычаг 6 откидывается назад и ремень



из положения I переходит в положение II (такое же, как у левого ремня), прижимая человека к сиденью.

Широкое применение получают инерционные катушки, на которые намотана свободная часть ремня. При плавных перемещениях тела человека ремень разматывается, не мешая движению. При больших ускорениях (обычно около  $0,4-0,5g$ ) катушка блокирует ремень. На рис. 78 изображена инерционная катушка, реагирующая на замедление как тела человека, так и автомобиля и

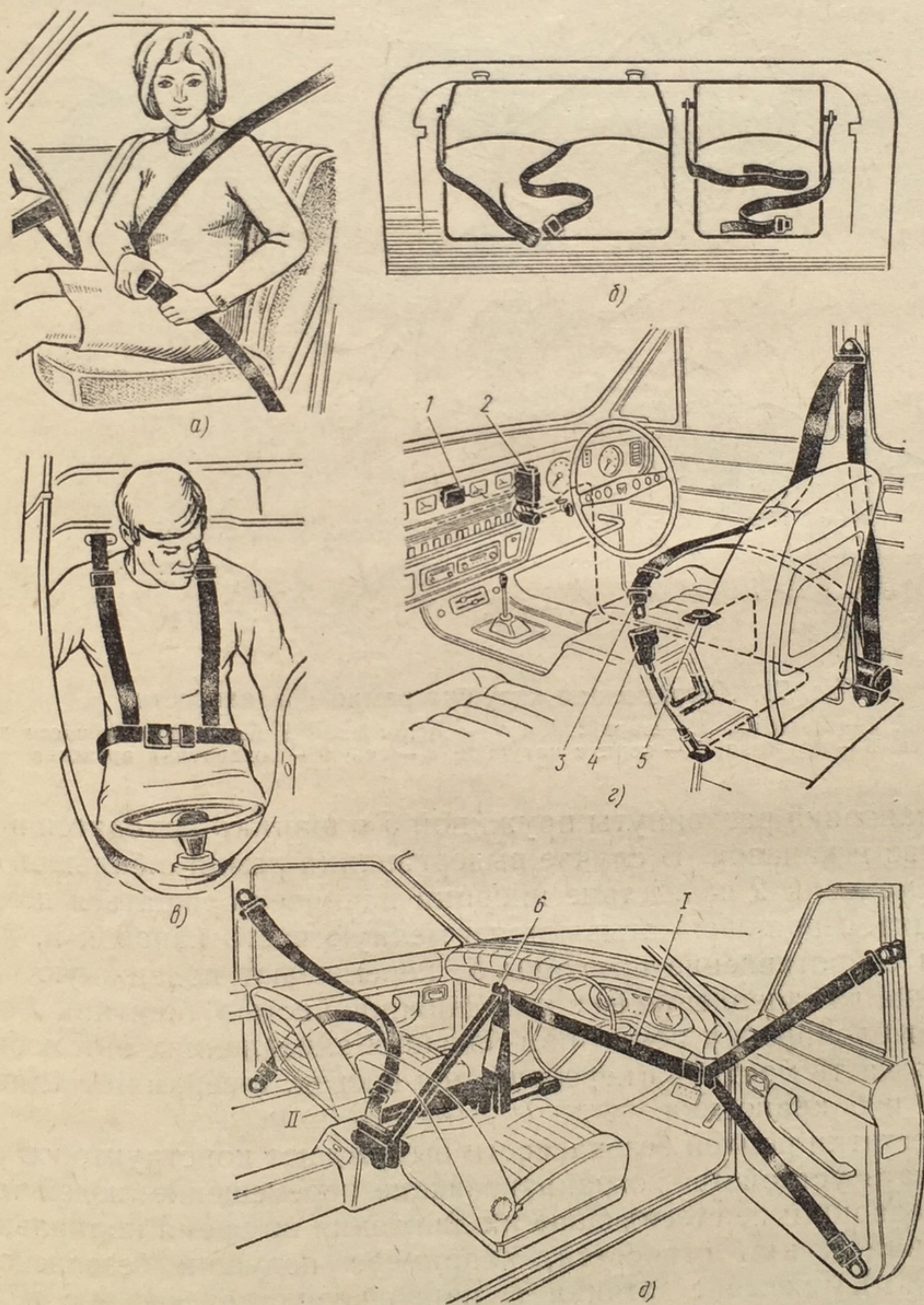


Рис. 77. Ремни безопасности:

а — диагонально-поясной ремень; б — поясной ремень для грузовых автомобилей; в — комбинированный ремень для гоночных автомобилей; г — ремни безопасности с предупредительной системой; I и II — положения ремня; 1 — сигнальная лампа; 2 — зуммер; 3 и 4 — соответственно до и после посадки человека; 5 — датчик; 6 — рычаг



действующая на плечевой ремень. В неподвижном корпусе 7 катушки вращается ось 8, одним концом соединенная с возвратной пружиной 9, а другим — с подвижной частью 4 храповика, маховиком 2 и маятником 1. Неподвижная часть 6 храповика закреплена на корпусе 7. На торце подвижной части храповика выфрезерованы три профильные канавки, в которых расположены стальные шарики 3. При плавных движениях тела человека вытягиванию ремня препятствует только сила возвратной пружины 9, так как части

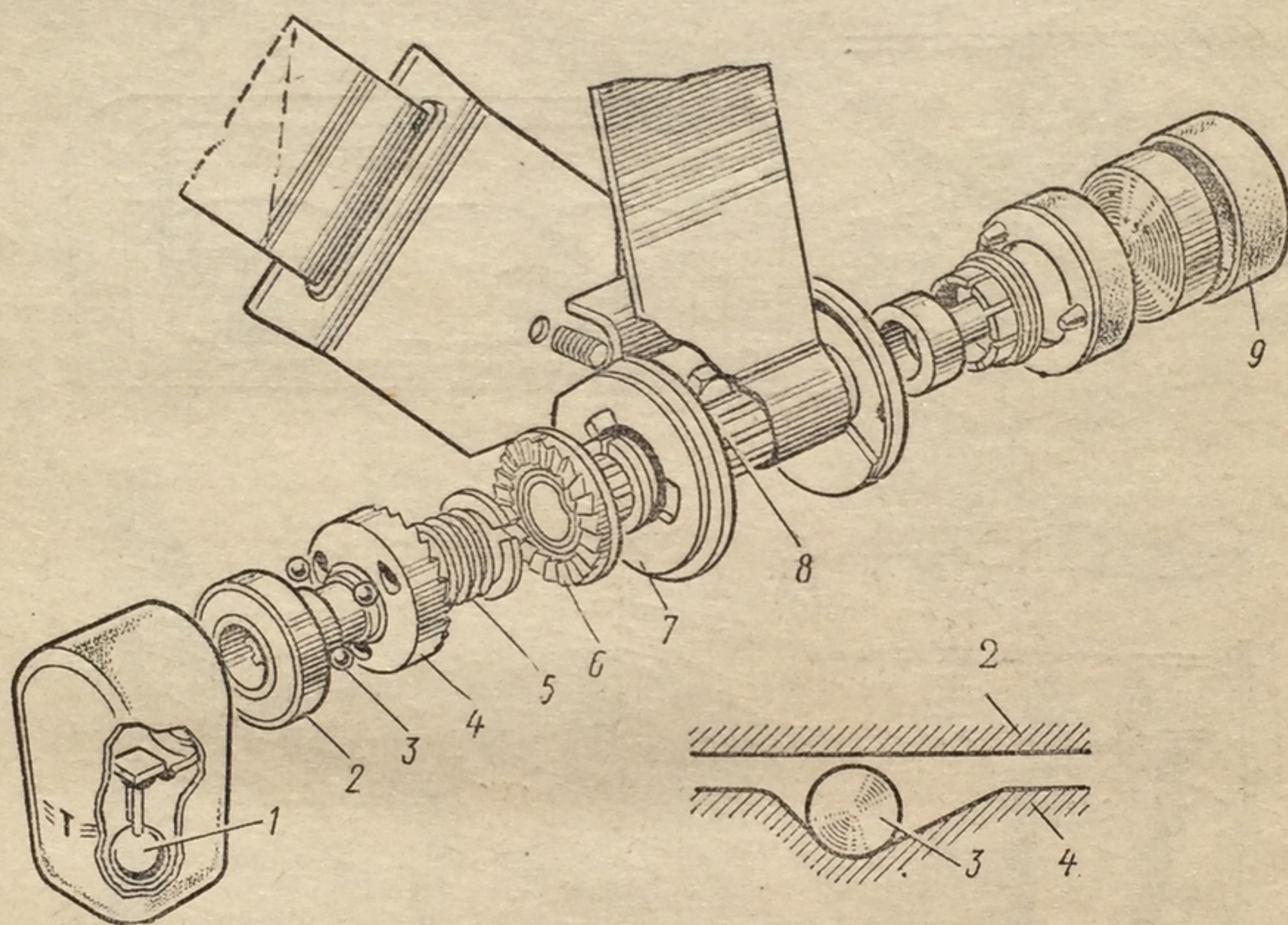


Рис. 78. Инерционная катушка ремня безопасности:

1 — маятник; 2 — маховик; 3 — шарик; 4 и 6 — подвижная и неподвижная части храповика; 5 — пружина; 7 — корпус катушки; 8 — ось; 9 — возвратная пружина

4 и 6 храповика раздвинуты пружиной 5 и шарики находятся в глубокой части канавок. В случае выдергивания ремня с большой скоростью маховик 2 вследствие инерции начинает вращаться позднее храповика. Шарики выкатываются в мелкую часть канавок и, преодолевая сопротивление пружины 5, перемещают подвижную часть храповика до зацепления ее с неподвижной частью. Маятник 1 обеспечивает блокировку ремня при больших замедлениях автомобиля. Нижняя часть маятника перемещается вперед, а верхняя соединяет части 4 и 6 храповика.

Недостатки ремней безопасности вынуждают конструкторов разрабатывать устройства, ограничивающие перемещение людей только при аварии и не стесняющие их движения во время нормального движения. К ним относятся, например, подушки безопасности (рис. 79, а), имеющие датчики 1, приводное устройство 2 с источником энергии, генератор газа 3, распределительное устройство и надувные мешки 4.

Датчики 1, сигнализирующие о начале удара, измеряют либо деформацию деталей, либо замедление автомобиля. Для надежности



часто устанавливают два датчика: один на передней части автомобиля, другой внутри кузова. Сигнал датчика через 0,005—0,01 с поступает в устройство 2, обычно представляющее собой детонатор, воспламеняемый электрической искрой. Генератором газа служат баллоны со сжатым до 200—250 мПа азотом или аргоном, а также пиропатроны с запасом твердого топлива. Детонатор, взрываясь, разрушает металлическую перегородку в баллоне или поджигает пиропатрон. На это затрачивается еще 0,05—0,015 с, после чего газ с большой скоростью устремляется в надувные мешки. Иногда при-

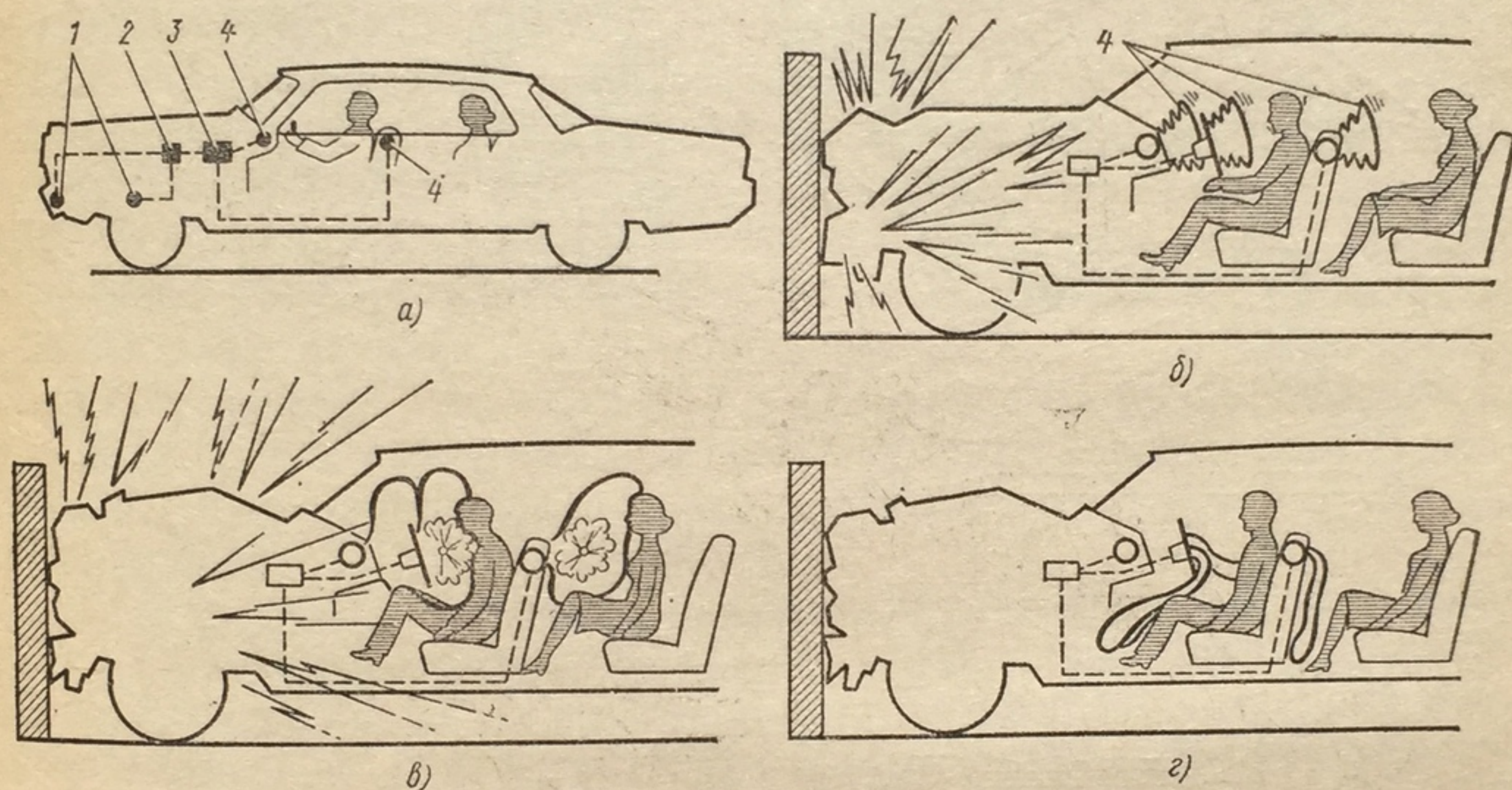


Рис. 79. Подушки безопасности:

а — размещение системы на автомобиле; б — начало наполнения мешков; в — мешки надуты полностью, пассажиры контактируют с мешками; г — пассажиры отброшены на сиденья, газ выпущен из мешков; 1 — датчик; 2 — приводное устройство; 3 — генератор газа; 4 — надувные мешки

меняют один баллон со сжатым газом в сочетании с одним или двумя пиропатронами. Надувные мешки изготовлены из тонкой (толщиной 0,3—0,4 мм) резины или нейлона и в сложенном виде размещены в ступице рулевого колеса, щитке приборов и спинках передних сидений. Надуваясь, мешки через 0,015—0,020 с заполняют пространство перед водителем и пассажирами, предохраняя их от ударов. Чтобы избежать отбрасывания людей назад и сохранить видимость дороги, газ из надувных мешков после удара о него человека выходит через специальные калиброванные отверстия в течение 0,4—0,5 с.

Подушки безопасности не стесняют человека и срабатывают независимо от его действий. При встречных ударах они хорошо предохраняют не только голову, но и верхнюю часть тела. Недостатком, препятствующим широкому распространению подушек, является значительный шум при их наполнении. Уровень этого шума на больших автомобилях не удалось сделать ниже 165 дБ, т. е. ниже уровня, при котором разрушаются барабанные перепонки уха. Таким образом, срабатывание подушки может лишить человека слу-



ха. Подушки плохо защищают человека, оказавшегося в «нестандартном» положении перед ударом, а также при боковых столкновениях и опрокидывании автомобиля. Недостаточно проверена также работоспособность подушек, длительное время хранившихся в автомобиле без употребления. Высказываются опасения, что водитель, попавший в аварию, будет указывать на произвольное срабатывание подушки безопасности как на причину ДТП.

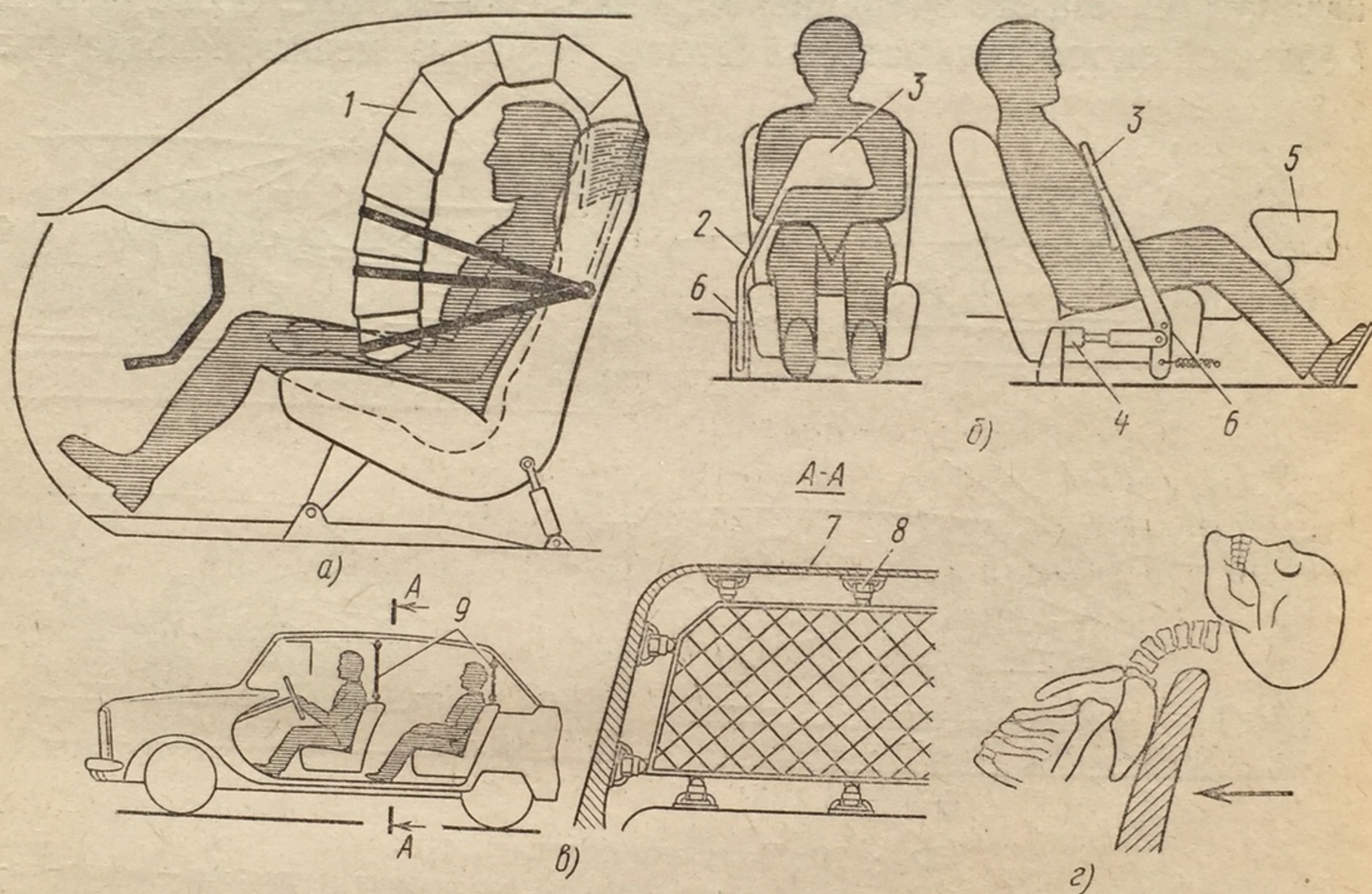


Рис. 80. Способы ограничения перемещения человека:  
а — защитная стенка из надувных мешков; б — удерживающий рычаг; в — предохранительная сетка; г — откидывание головы назад при ударе сзади; 1 — стенка из надувных мешков; 2 — рычаг; 3 — подушка; 4 — устройство, поглощающее удар; 5 — облицовка; 6 — ось; 7 — рамка; 8 — шарнир

Вариантом подушки безопасности является защитная стенка (рис. 80, а), состоящая из нескольких соединенных мешков. При воспламенении пиропатрона, расположенного в верхней части спинки сиденья, мешки 1, надуваясь, перемещаются сначала над головой человека, а затем вниз. Боковые ремни защищают туловище человека от перемещений в стороны, обеспечивая безопасность при различных видах столкновений, а также при опрокидывании автомобиля.

Другие конструкции, ограничивающие перемещение человека, показаны на рис. 80, б и в. Некоторые зарубежные фирмы предлагают применять подушку 3, установленную на изогнутом рычаге 2, который может вращаться относительно горизонтальной оси 6. Когда дверь автомобиля закрыта и зажигание включено, рычаг прижимает подушку с небольшой силой к груди водителя. При резком торможении автомобиля или столкновении его с другим транспортным средством рычаг стопорится, а специальное устройство 4 в ниж-



ней части сиденья поглощает энергию удара и ограничивает нагрузку на грудь водителя. Ноги от повреждений предохраняет упругая облицовка 5.

На рис. 80, в показаны сетки безопасности, размещаемые внутри автомобиля на определенной высоте и защищающие водителя и пассажиров при продольных столкновениях. Сетка, изготовленная из эластичного материала типа капрона, имеет крупные ячейки и закреплена в рамке 7, которая в свою очередь при помощи шарниров 8 крепится к кузову автомобиля. Аналогичные сетки применяют для удержания груза в багажниках легковых автомобилей и в кузовах-фургонах.

При попутных столкновениях часто страдают пассажиры переднего автомобиля. От резкого толчка голова под действием силы инерции откидывается назад (рис. 80, г) и может произойти повреждение позвоночника. Для защиты пассажиров в этом случае на спинку сиденья устанавливают подголовники с мягкой обивкой. Подголовники должны выдерживать нагрузку до 90 Н. При этом задняя точка головы не должна смещаться назад на расстояние более 10 см. При воздействии замедления не менее  $8g$  подголовник должен ограничивать отклонение головы назад относительно линии торса на угол не более  $45^\circ$ .

В случае наезда на неподвижные препятствия, при столкновениях и опрокидываниях автомобилей люди могут получить серьезные повреждения из-за недостаточной прочности крепления сидений и их спинок. При встречных столкновениях автомобилей детали, крепящие сиденья к днищу кузова, не выдерживают больших нагрузок, и сиденья могут переместиться вперед на 160—250 мм. Это приводит к значительному уменьшению объема жизненного пространства, увеличивает вероятность удара водителя и пассажира о детали автомобиля, находящегося перед ними, а также затрудняет эвакуацию людей из автомобиля после ДТП. Возможны также изгиб кронштейна, крепящего спинку к каркасу сиденья, и отрыв спинки.

Безопасность сидений и спинок имеет особое значение для автобусов вследствие большого количества людей, одновременно подвергающихся травмированию.

Крепление сидений должно выдерживать нагрузку, равную 20-кратному весу сиденья и приложенную параллельно продольной оси автомобиля. Спинка сиденья должна выдерживать приложенную к верхней ее поперечине нагрузку, действующую горизонтально по направлению от передней части автомобиля к задней и эквивалентную моменту  $54 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

Система перемещения и регулировки сиденья должна иметь автоматическую блокировку, выдерживающую продольную перегрузку до  $20g$ . Необходимо, чтобы блокировочное устройство выдерживало силу, которая приложена к центру тяжести спинки и которая в 20 раз больше веса спинки и направлена вперед параллельно продольной оси автомобиля.



Во время испытаний замедление модели головы человека при ударе о спинку переднего сиденья не должно превышать  $80g$  в течение  $3$  мс.

Подлокотники сидений изготавливают из энергопоглощающих материалов, которые должны прогибаться не менее чем на  $5$  см, не соприкасаясь с жесткими деталями, находящимися под ними.

Пассивную безопасность автомобиля можно улучшить, применяя специальные сиденья (рис. 81). Разработана конструкция си-

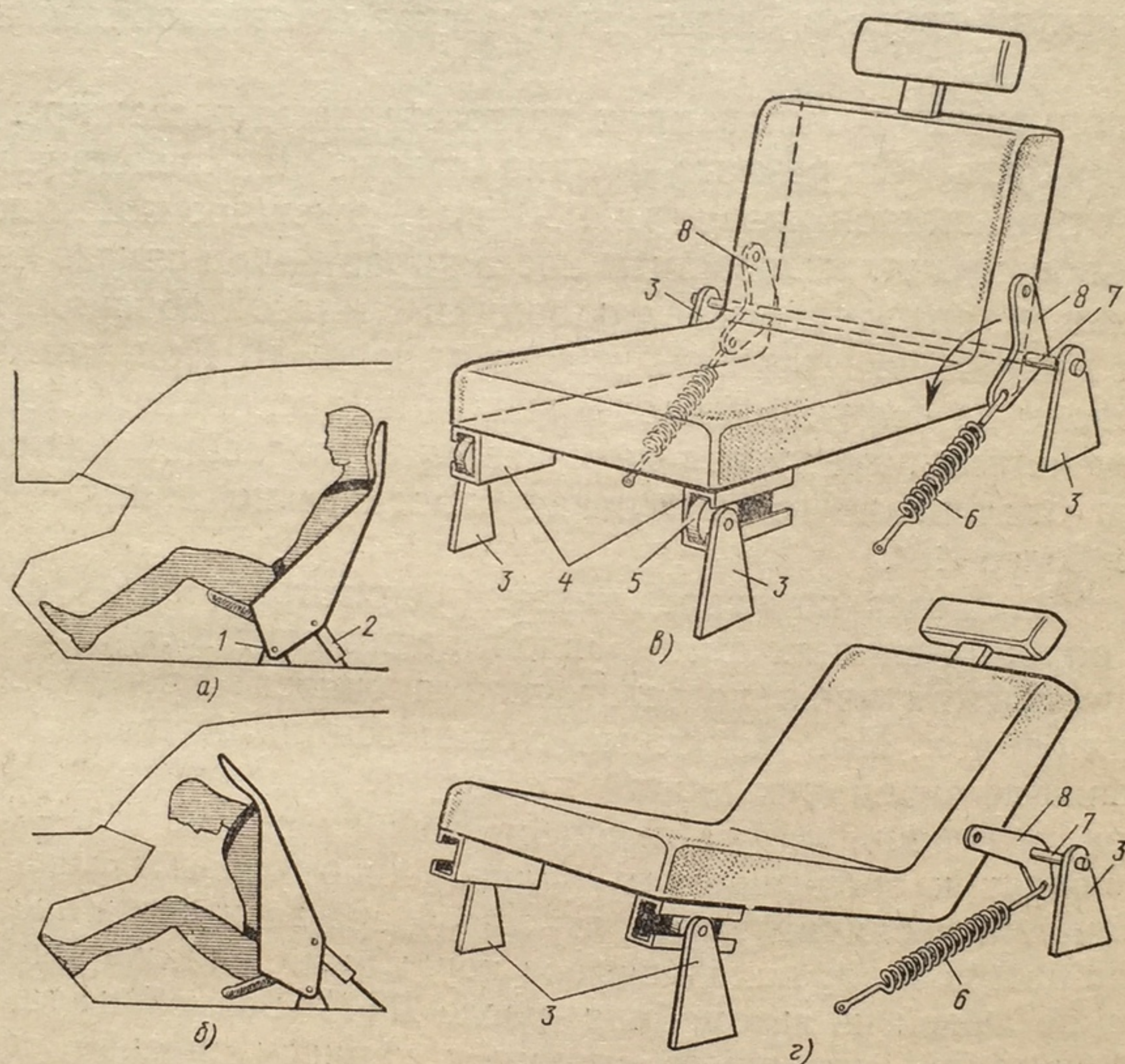


Рис. 81. Безопасные сиденья:

$a$  и  $в$  — до удара;  $б$  и  $г$  — после удара; 1 — шарнир; 2 — амортизатор; 3 — опора; 4 — салазки; 5 — ролик; 6 — пружина; 7 — ось; 8 — рычаг

денья (рис. 81,  $a$ ), которое при больших замедлениях автомобиля поворачивается на шарнире 1, и кинетическая энергия гасится амортизатором 2. При этом увеличивается эффективный путь остановки пассажира, и силы инерции действуют на голову под более благоприятным углом.

Безопасное сиденье другой конструкции показано на рис. 81,  $б$ . Передняя его часть салазками 4 опирается на ролики 5, а задняя — на двуплечие рычаги 8, шарнирно связанные с осью 7. Ролики 5 и ось 7 посредством опор 3 соединены с днищем кузова. Под действием продольного ускорения сиденье перемещается по роликам вперед и одновременно опускается вследствие поворота рычагов 8 на оси 7. Пружины 6 смягчают силу удара.



У грузовых автомобилей и автопоездов с седельным тягачом большую опасность представляет груз, плохо закрепленный на платформе. При встречных столкновениях и наездах автомобилей на неподвижное препятствие груз в процессе удара продолжает двигаться вперед по инерции. Если скорость и масса груза достаточно велики, то его кинетическая энергия может достигать 300—500 кН·м, а ударные нагрузки, действующие на детали автомобиля, 7000—10 000 кН. Поскольку силы трения между грузом и днищем платформы невелики, а свободное пространство перед грузом мало, то на преодоление трения расходуется всего 3—5% этой энергии. Под действием остальной энергии происходит деформация и разрушение деталей автомобиля. Перемещаясь почти с той же скоростью, с какой двигался автомобиль перед ударом, груз ударяется о передний борт платформы, деформирует его, а затем сминает заднюю стенку кабины. Жизненное пространство внутри кабины резко сокращается, что увеличивает вероятность травмирования водителя и пассажиров.

Для увеличения безопасности могут быть использованы энергопоглощающие передние бамперы, уменьшающие скорость автомобиля в начале удара, а также амортизирующие устройства, устанавливаемые между передним бортом грузовой платформы и грузом.

### 3. УСТРАНЕНИЕ ТРАВМООПАСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

По действующим правилам жизнь водителя и пассажиров должна быть сохранена при наезде автомобиля на неподвижное препятствие со скоростью 14 м/с; во время столкновения автомобилей при скорости 19,4 м/с; в случае удара сзади по автомобилю предметом скорости 1250 кг со скоростью 22,2 м/с; при боковом ударе (под углом 90°) со скоростью 9 м/с; во время двух- или трехкратного реверсирования автомобиля с начальной скоростью 14 м/с.

Для выполнения указанных требований вокруг человека, сидящего в автомобиле, создают защитную зону (жизненное пространство), внутрь которой не должны проникать детали автомобиля при авариях. Форма жизненного пространства зависит от антропологических размеров тела человека, его перемещений во время ДТП и конструкции автомобиля.

На рис. 82, а показано положение тела водителя в начальный момент удара и нанесены границы перемещений деталей автомобиля при столкновении. Линия 1—1 соответствует легким повреждениям, линия 2—2 — тяжелым, а линия 3—3 — смертельным. Точки на кривых означают: К — крыша, Р — рулевая колонка, П — панель приборов, Щ — передний щит кузова. Таким образом, чтобы уменьшить тяжесть телесных повреждений, нужно ограничить перемещение деталей по крайней мере до линии 1—1. На рис. 82, б приведены результаты исследований американских инженеров и итальянской фирмы Фиат по определению формы жизненного пространства.



Детали автомобиля, ограничивающие жизненное пространство, должны быть без острых граней и углов, выступающие части (кнопки, выключатели, ручки) должны быть утоплены и покрыты мягкой обивкой.

Рычаги, переключатели и кнопки, расположенные на панели приборов в зоне возможного удара о них водителя и пассажиров и выступающие над поверхностью панели на 3—9,5 мм, должны иметь головку площадью не менее 200 мм<sup>2</sup> с радиусом закругления кра-

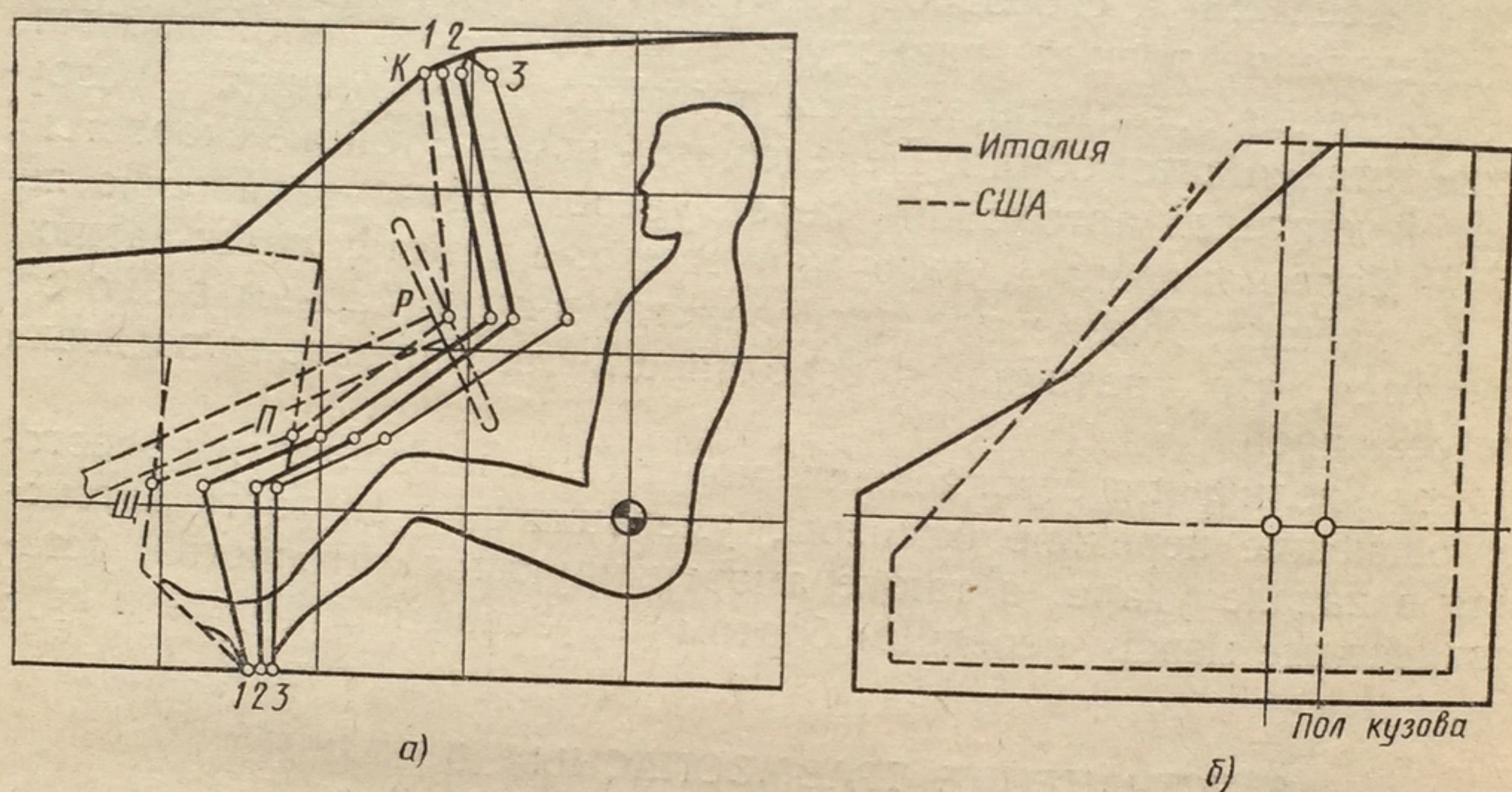


Рис. 82. Жизненное пространство.

а — автомобиля ГАЗ-21 «Волга»; б — различных автомобилей; К — крыша; Р — рулевая колонка; П — панель приборов; Щ — передний щит кузова; 1-1 — легкие повреждения; 2-2 — тяжелые повреждения; 3-3 — смертельные травмы

ев не менее 2,5 мм. Детали, выступающие над панелью более чем на 9,5 мм, должны под действием горизонтального усилия 390 Н, направленного вперед, утапливаться (так, чтобы высота части детали, выступающей над панелью, была не более 9,5 мм), отсоединяться или обламываться.

Большое количество травм и смертельных исходов во время ДТП связано с ветровым стеклом. Стекла должны быть упругими и амортизировать при ударе, чтобы исключить повреждения костей черепа. При разбивании стекол они не должны образовывать осколков с острыми углами и гранями, которые могут причинить порезы.

В настоящее время применяют стекла двух видов: однослойные закаленные и трехслойные (триплекс).

Однослойные стекла имеют толщину около 4 мм. Разрушаясь, закаленное стекло распадается на мелкие кусочки с неострыми краями. Закалка стекла повышает его прочность, но создает внутренние остаточные напряжения, вследствие чего стекло даже при небольшом повреждении покрывается сеткой трещин, становясь непрозрачным. Чем толще стекло, тем хуже видимость, что особенно опасно при движении автомобиля с большой скоростью. Для устранения этого недостатка применяют стекла, закаленные не по всей



площади, а лишь в нескольких местах. Однако при местной закалке стекла недостаточно прочными оказываются его незакаленные участки.

Наружную поверхность ветрового стекла покрывают пленкой окислов металла или хлористых веществ. По пленке, содержащей металлы, можно пропустить электрический ток для обогрева стекла в морозную погоду.

При ударе снаружи, например, камнем, вылетевшим из-под колеса переднего автомобиля, однослойное стекло разбивается взрывообразно, камень может попасть в салон.

Трехслойные стекла состоят из двух слоев стекла толщиной 2—3 мм, склеенных вместе прослойкой из прозрачного пластика, например поливинилбутирола толщиной 0,4—0,85 мм. При ударах трещины на этих стеклах распространяются только в радиальных направлениях, и поврежденное стекло не теряет прозрачности. Кроме того, стекло не выпадает из стоек кузова, так как его удерживает упругая прослойка. Вместе с тем трехслойные стекла тверже однослойных и меньше поглощают кинетическую энергию удара. Поэтому удары головой о трехслойное стекло часто приводят к сотрясениям мозга и повреждениям костей черепа. Разбиваясь, трехслойные стекла образуют осколки с острыми режущими кромками, которые могут причинить глубокие порезы. Трехслойные ветровые стекла на 3—5 кг тяжелее однослойных и соответственно дороже.

Большое значение для безопасности людей имеет толщина промежуточного слоя стекла. Сотрудники Калифорнийского университета обследовали более 1000 ДТП со столкновением автомобилей. У 175 водителей и пассажиров, ударившихся о ветровое стекло с промежуточным слоем толщиной 0,38 мм, серьезные ранения были довольно часты. У 156 человек, получивших ранения от ударов о стекло с промежуточным слоем толщиной 0,76 мм, были лишь ссадины и неглубокие порезы.

При очень сильных ударах пострадавший может пробить стекло головой насквозь. Упругий слой удерживает острые осколки внутреннего и наружного слоев триплекса около шеи, и при обратном движении человека осколки глубоко врезаются в нее. Вытащить голову назад невозможно, и смертельный исход почти неизбежен.

Импульс силы при ударе примерно прямо пропорционален третьей степени толщины стекла. При увеличении толщины с 5 до 6,6 мм импульс, действующий на черепную коробку, возрастает почти в 2,5 раза.

Целесообразно сочетать положительные свойства закаленных и трехслойных стекол, уменьшая толщину наружных слоев и химически обрабатывая их для повышения поверхностной прочности. Применяют стекла с более толстым наружным слоем. При ударе головой о такое стекло вначале нарушается его внешний слой, а тонкий внутренний слой продолжает изгибаться, поглощая энергию удара. Полимерная прослойка растягивается, также смягчая силу удара.



В Японии полимерную прослойку трехслойных стекол заменяют сеткой из вольфрамовой, никелевой или медной проволоки, которая может быть использована в качестве обогревательного элемента. Армирование стекла металлом повышает его прочностные и защитные свойства, однако, несмотря на малый диаметр проволоки (20—40 мкм), сетка все-таки заметна на стекле.

Для повышения безопасности ветровых стекол их устанавливают на упругой прокладке. Благодаря непрочному креплению стекла при наезде автомобиля на препятствие или при столкновении вылетает из оконного проема еще до того, как к нему приблизится голова человека. Однако чтобы гарантировать безопасность водителя и пассажира, приходится ослаблять посадку уплотнителя, вследствие этого стекло часто вылетает из проема при резком торможении автомобиля или при движении по неровной дороге, когда не было угрозы травмирования пассажира и водителя. Люди, не закрепленные ремнями безопасности, могут быть выброшены при столкновении автомобилей через проем, не защищенный стеклом. Кроме того, ослабленная посадка стекла облегчает проникновение злоумышленников внутрь автомобиля.

Требования безопасности к стеклам дверей значительно мягче, чем к ветровым стеклам. Эти стекла не должны давать при разрушениях осколков с острыми углами и режущими кромками.

В настоящее время нет единого мнения о том, какие стекла более безопасны. В Европе, например, применяют в основном однослойные закаленные стекла, а в США — лишь трехслойные стекла. Различные комбинации этих стекол не дали пока желаемых результатов.

Чтобы уменьшить травматизм при опрокидывании автомобиля, усиливают стойки кузова и крыши, вводят жесткие дуги над головами пассажиров. Люди, оставшиеся при опрокидывании внутри автомобиля, обычно получают менее серьезные повреждения, чем выпавшие из него. Поэтому в стандартах и Правилах ЕЭК ООН оговаривается, что конструкция замков должна обеспечивать два положения: полностью закрытое и не полностью закрытое. В первом положении замки дверей и фиксаторы должны выдерживать продольную нагрузку 11,34 кН и поперечную 9 кН, а во втором положении 4,5 кН в каждом направлении. Дверной замок должен оставаться в полностью закрытом положении при действии на него в любом направлении инерционной нагрузки до 30g.

Дверные петли любой конструкции должны выдерживать продольную нагрузку 11,34 кН и поперечную 9 кН.

## § 18. ВНЕШНЯЯ ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В процессе ДТП должна быть обеспечена сохранность как самого автомобиля, так и окружающих предметов. При столкновениях и наездах внешнюю пассивную безопасность обеспечивают прежде всего бамперы. Однако бамперы современных автомобилей не всег-

да соответствуют этому  
легкового автомобил  
металлического листа  
кающую хромом. О  
стью утратил свои за  
ля, напротив, транс  
которая при столкно  
вскрывает их кузов  
лишь незначительны

Правильно сконс  
только внутреннюю  
площадь большую ча  
ударе. Для этого пре  
бамперы всех трансп  
жущихся по общей  
покрытия. В некото  
высота расположени  
мм. В США станд  
наличии в кузове дв  
на переднем) массо  
соте  $432 \pm 25$  мм от  
еще не нормируются  
ней кромки до покр  
класса колебания  
быть значительным  
автомобилей совпа  
Грузовые автомоби  
путных столкновени  
ва легкового автомо  
у тракторов и дру  
ных машин и мех

По зарубежным  
ливать на всех гру  
зова находитс на  
свес составляет 1  
0,51 м. Длина бам

ширины автомоби  
Исследования  
томобилей может  
наезде на неподви  
Предложено мног  
пер обтягивали то  
тика, однако это  
новлено, что бам  
вреждения дорог  
мироваться вмес  
Согласно амер  
со скоростью 2,2



да соответствуют этому назначению. К началу 60-х годов бампер легкового автомобиля превратился в вычурную полоску тонкого металлического листа, украшенную фигурными накладками и сверкающую хромом. Он стал декоративным элементом и почти полностью утратил свои защитные свойства. Бампер грузового автомобиля, напротив, трансформировался в мощную стальную балку, которая при столкновении с пассажирскими автомобилями легко вскрывает их кузов (как нож консервную банку), получая при этом лишь незначительные цапапины.

Правильно сконструированный бампер должен обеспечивать не только внутреннюю пассивную безопасность, но и внешнюю и поглощать большую часть кинетической энергии, развивающейся при ударе. Для этого прежде всего необходимо, чтобы передние и задние бамперы всех транспортных средств и самоходных механизмов, движущихся по общей дорожной сети, находились на одной высоте от покрытия. В некоторых странах Европы установлена стандартная высота расположения бампера для легковых автомобилей  $330 \pm 13$  мм. В США стандартизован другой размер: линия контакта при наличии в кузове двух человек (одного на заднем сиденье, другого — на переднем) массой по 70 кг каждый должна располагаться на высоте  $432 \pm 25$  мм от поверхности дороги. Однако во многих странах еще не нормируются ни высота бампера, ни расстояние от его нижней кромки до покрытия. В результате даже у автомобилей одного класса колебания в расположении бамперов и их размерах могут быть значительными. В случае столкновения грузового и легкового автомобилей совпадение бамперов почти полностью исключено. Грузовые автомобили не снабжены задним бампером, что при попутных столкновениях часто приводит к полному разрушению кузова легкового автомобиля, двигавшегося позади. Нет бамперов также у тракторов и других сельскохозяйственных и дорожностроительных машин и механизмов.

По зарубежным рекомендациям задний бампер следует устанавливать на всех грузовых автомобилях, у которых нижний конец кузова находится на высоте не менее 0,7 м над дорогой или задний свес составляет 1 м. Оптимальная высота установки бампера 0,38—0,51 м. Длина бампера должна быть несколько меньше габаритной ширины автомобиля, но не короче чем на 0,1 м с каждой стороны.

Исследования показали, что современный бампер легкового автомобиля может предохранить фары и облицовку радиатора при наезде на неподвижное препятствие со скоростью не более 1 м/с. Предложено много конструкций безопасных бамперов. Вначале бампер обтягивали толстым слоем пористой резины или упругого пластика, однако это не привело к желаемым результатам. Было установлено, что бампер при слабых толчках должен защищать от повреждения дорогие элементы кузова, а при сильных ударах деформироваться вместе с передней частью автомобиля.

Согласно американскому стандарту при встречном столкновении со скоростью 2,2 м/с и боковом столкновении со скоростью 1,4 м/с



автомобили практически не должны иметь повреждений, а удар должен быть поглощен на пути 5—8 см.

Безопасные бамперы содержат энергопоглощающий элемент, в котором энергия удара преобразуется в работу деформации или тепловую энергию. По типу упругого элемента бамперы могут быть механические, гидравлические, пневматические и комбинированные.

На рис. 83, а показан бампер с механическим амортизирующим элементом, работающим на сжатие. Бампер состоит из средней балки 1 и двух боковых крыльев 2, соединенных шарниром 3. Энерго-

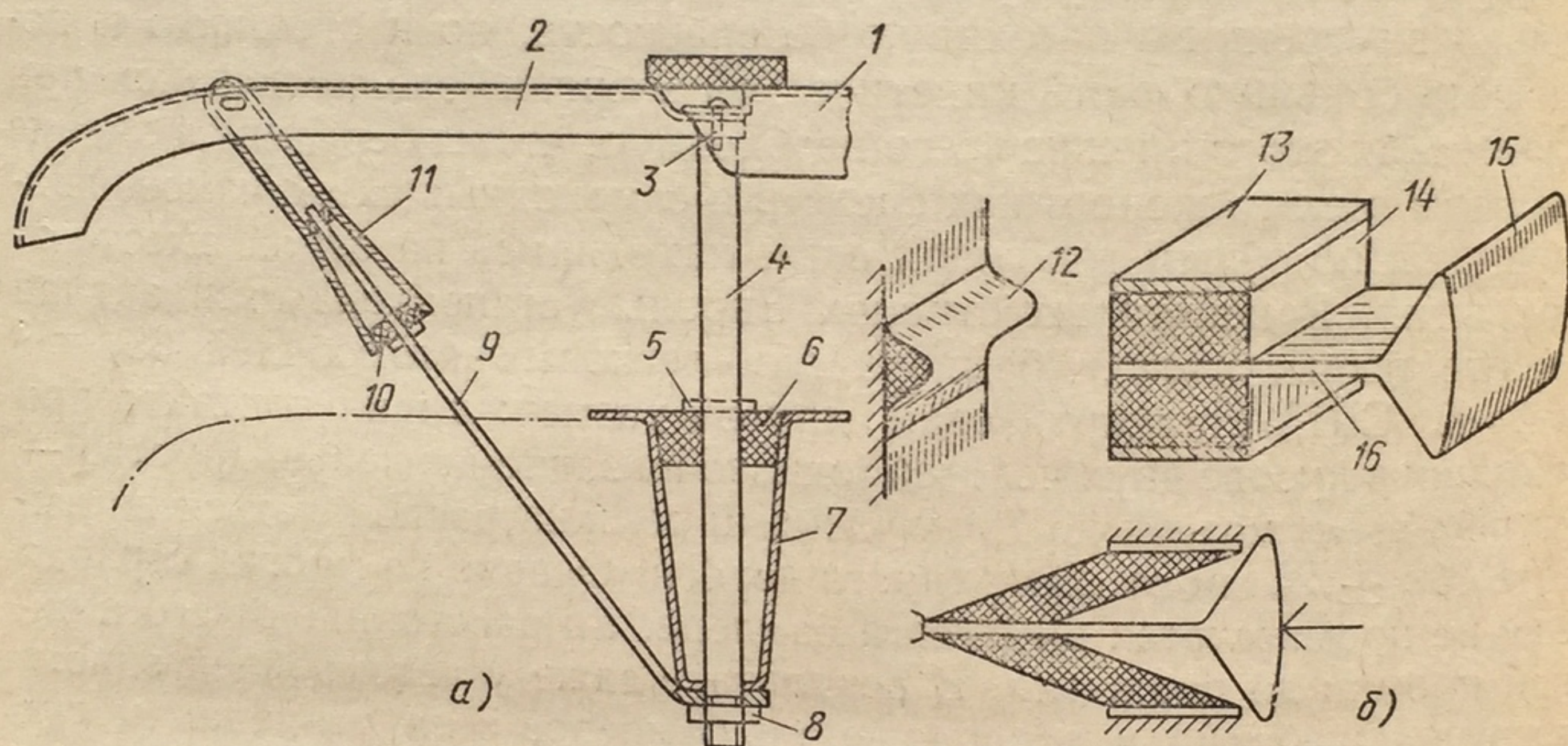


Рис. 83. Безопасные бамперы с упругими амортизирующими элементами: а — схема бампера с элементами, работающими на сжатие; б — схема бампера с элементами, работающими на сдвиг; 1 — балка; 2 — боковое крыло; 3 — шарнир; 4 — стержень; 5 — буртик; 6 — конический блок; 7 — энергопоглощающий конус; 8 — гайка; 9 — тяга; 10 — упругий элемент; 11 — конус; 12 — буфер; 13 — обойма; 14 — резиновый элемент; 15 — поперечный брус бампера; 16 — пластина

поглощающий элемент выполнен в виде конуса 7, жестко соединенного с кузовом автомобиля. Внутри конуса проходит стержень 4 с коническим блоком 6 из упругой пластмассы, упирающимся в буртик 5. К стержню 4 гайкой 8 прикреплена тяга 9 вспомогательного элемента, состоящего из конуса 11 и упругого элемента 10. Верхняя часть конуса соединена с боковым крылом 2. При ударе эластичные блок 6 и элемент 10 вдвигаются внутрь конусов и, сжимаясь, поглощают энергию удара.

На некоторых американских автомобилях бамперы имеют резиновые блоки, растягивающиеся в процессе удара и поглощающие до 70% энергии (при скорости 2,2 м/с). При этом на каждый амортизатор действует усилие около 60 кН. В конце удара между бампером и кузовом автомобиля остается зазор, равный примерно 13 мм.

В механических амортизаторах упругий элемент может работать на сдвиг (рис. 83, б). Поперечный брус 15 бампера соединен со стальной пластиной 16, привулканизированной к резиновому элементу 14. Наружная часть элемента закреплена в обойме 13. При ударе пластина перемещается назад до тех пор, пока не упрется в упругий

буфер 12 на кузове  
мируется, как по  
Примерные след  
определить след  
Из условий  
боты деформации

где  $M$  и  $v$  —  
в упругих элеме  
ная деформация  
чука 2,5, для ст  
Высота резиново

где  $\Delta$  — абсолют  
томобиль при ос

Площадь гор  
 $W/h$ . Обычно пр  
квадратную фор  
 $W/h = 2n\eta^2 h^2$ , г  
сюда число эле

Элементы, ра  
не зависит от н  
более приемлем  
на основе этиле

Предложены  
ческий корпус,  
укрепленные на  
ножами, и рабо  
щает кинетичес

В пневматичес  
энергия удара п  
кости через дро  
матическим амо

9. Поршень 7 з  
Между корпусо  
отверстие 3. За

мобиль. Полост  
жидкостью (гли  
а полость 8 —  
вращаются уп  
зад, и поршен  
цилиндр 6, в  
полость, расп



буфер 12 на кузове автомобиля. Резина элемента при этом деформируется, как показано в нижней части рис. 83, б.

Примерные размеры элемента, работающего на сдвиг, можно определить следующим образом.

Из условий равенства кинетической энергии автомобиля и работы деформации резины можно написать

$$Mv^2 = W_p G_p e^2,$$

где  $M$  и  $v$  — масса и скорость автомобиля;  $W_p$  — объем резины в упругих элементах;  $G_p$  — модуль сдвига резины;  $e$  — относительная деформация резины при сдвиге, равная для натурального каучука 2,5, для специальных сортов резины 3,5—4.

Высота резинового элемента

$$h = \Delta/e,$$

где  $\Delta$  — абсолютная деформация резины, равная перемещению автомобиля при остановке.

Площадь горизонтального сечения резинового элемента равна  $W/h$ . Обычно применяют несколько блоков (рис. 83, б), имеющих квадратную форму со стороной квадрата  $\eta h$ , где  $\eta = 1 \div 2$ . Тогда  $W/h = 2n\eta^2 h^2$ , где  $n$  — число энергопоглощающих элементов. Отсюда число элементов

$$n = W / (2h^3 \eta^2) = 2mv^2 e / (2G_p \eta^2 \Delta^3).$$

Элементы, работающие на сдвиг, удобны тем, что их жесткость не зависит от направления перемещения бампера при ударе. Наиболее приемлемым оказался для них материал, синтезированный на основе этиленпропиленовых соединений.

Предложены также конструкции бамперов, в которых металлический корпус, воспринимая удар, надвигается на стальные ножи, укрепленные на кузове. Верхний слой металла бампера срезается ножами, и работа, затрачиваемая на образование стружки, поглощает кинетическую энергию.

В пневматических и гидравлических амортизирующих элементах энергия удара поглощается при сжатии газа или перетекании жидкости через дросселирующие отверстия. Схема бампера с гидропневматическим амортизатором показана на рис. 84, а. На кузове автомобиля установлен цилиндр 6 с гильзой 2, соединенной с корпусом 9. Поршень 7 закреплен на штоке 4 с конической передней частью. Между корпусом 9 и штоком 4 имеется кольцевое дросселирующее отверстие 3. Задний конец штока жестко укреплен на кузове автомобиля. Полости 5 корпуса бампера и цилиндра заполнены вязкой жидкостью (глицерином, минеральным или силиконовым маслом), а полость 8 — инертным газом, например азотом. Утечки предотвращаются уплотнениями 1. При ударе корпус 9 перемещается назад, и поршень 7 сжимает газ. Одновременно гильза 2 вдвигается в цилиндр 6, вытесняя жидкость через дросселирующее отверстие в полость, расположенную за поршнем. Благодаря конической форме



штока расход жидкости через отверстие 3 уменьшается при перемещении корпуса 9, скорость поршня снижается в каждую секунду на одну и ту же величину, и автомобиль движется с постоянным замедлением. Процесс замедления автомобиля при этом эквивалентен процессу замедления при постоянной силе сопротивления гидравлического элемента

$$P = Mv_0^2 / (2Sn),$$

где  $v_0$  — начальная скорость удара;  $S$  — перемещение автомобиля во время удара;  $n$  — число гидравлических элементов.

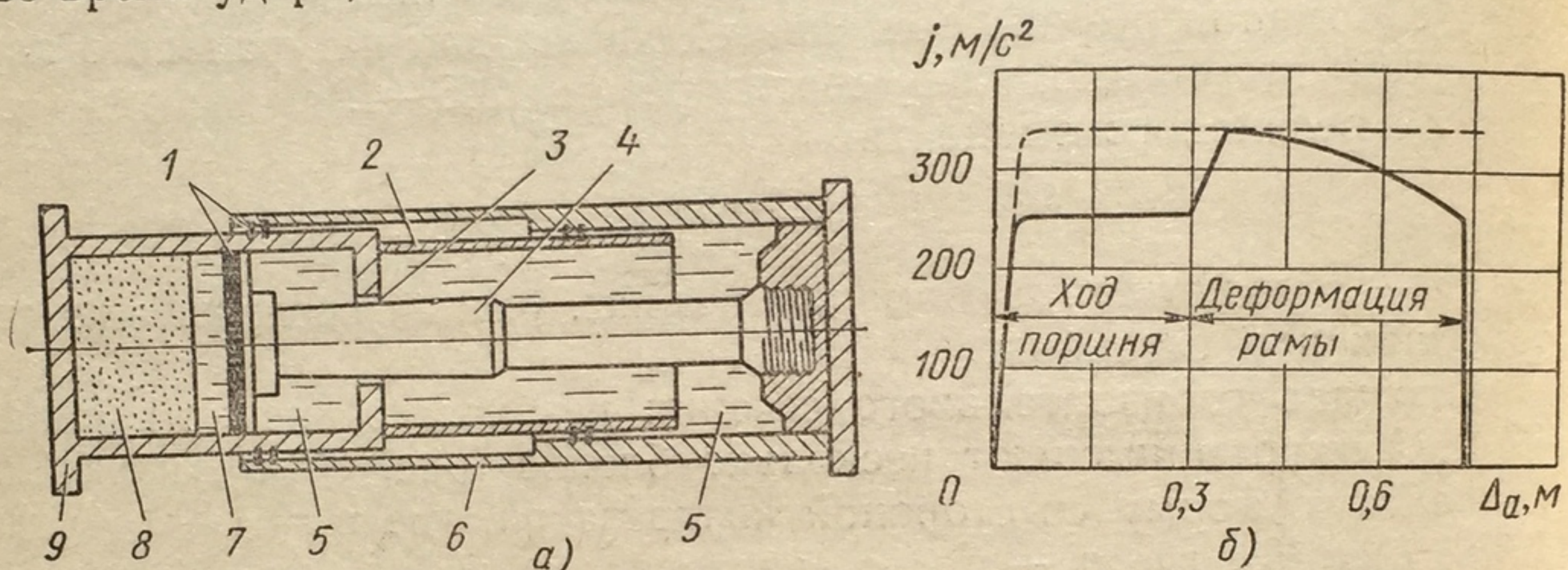


Рис. 84. Безопасный бампер с гидropневматическим амортизирующим элементом:

а — схема бампера; б — характеристика бампера; 1 — уплотнение; 2 — гильза; 3 — дроселирующее отверстие; 4 — шток; 5 — полость корпуса бампера; 6 — цилиндр; 7 — поршень; 8 — полость; 9 — корпус бампера

Характеристика бампера — зависимость между деформацией и замедлением — имеет форму, близкую к прямоугольнику (штриховая линия на рис. 84, б). Количество энергии, поглощаемой бампером при такой форме характеристики, максимально. Для автомобиля массой 2040 кг при  $v_0 = 22,4$  м/с и  $n = 2$  удалось получить перемещение в процессе удара, равное всего 0,76 м, при этом 0,3 м — ход поршня, а 0,46 м — деформация рамы. Сила, действующая на бампер, составила 80,3 кН, а среднее замедление 33,4 g, что значительно ниже предельных значений. При давлении около 4 МПа диаметр поршня равен 11 см, что вполне приемлемо по конструктивным соображениям. После удара инертный газ в полости 8 увеличивается в объеме и корпус возвращается в исходное положение. Иногда вместо газа используют спиральную или тарельчатую пружину, однако они недостаточно долговечны.

У некоторых моделей автомобилей гидравлические элементы безопасного бампера автоматически выдвигаются вперед на 30—40 см при достижении скорости движения 10—15 м/с. Это обеспечивает нужный зазор между бампером и кузовом при ударе, позволяя вместе с тем сохранить небольшую габаритную длину автомобиля на стоянках.

Применяются также гидropневматические бамперы из легко деформируемого упругого синтетического материала, например поли-

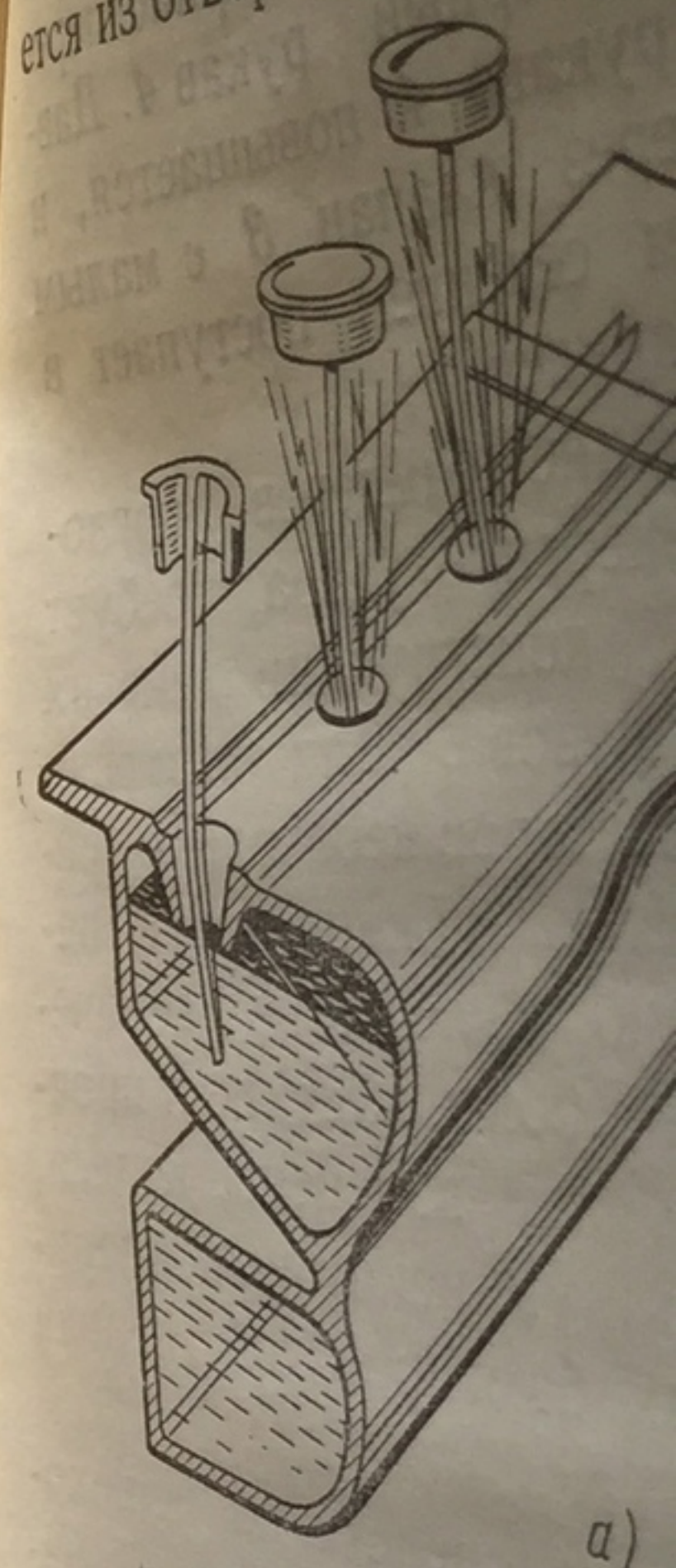


Рис. 85. Безопасные бамперы с выбиваемыми заглушками и суживающей оболочкой:

а — бампер с выбиваемыми заглушками; б — бампер с суживающей оболочкой. В этом случае при ударе заглушки вылетают, и автомобиль получает лишь незначительное замедление. В варианте с оболочкой при ударе оболочка суживается, что приводит к увеличению сопротивления и, следовательно, к увеличению замедления.

Другой вариант гидравлического бампера (рис. 85, б). В этом бампере полость, в которой находится поршень, находится внутри поршня. Поршень имеет внутреннюю полость, увеличивающую его сопротивление сжатию. При ударе поршень деформируется, что приводит к увеличению сопротивления и, следовательно, к увеличению замедления. В ФРГ разработан безопасный бампер из двух ру-



винилхлорида. В этом случае бампер представляет собой оболочку толщиной около 6 мм, внутренняя полость которой объемом 10—20 л заполнена водой (рис. 85, а). Во время столкновения автомобилей сначала деформируется корпус бампера и сжимается воздух, находящийся над водой. Затем под действием давления воздуха и воды выталкиваются пробки, закрывающие небольшие (диаметром 24—40 мм) отверстия в верхней части оболочки, и вода выбрасывается из отверстий. При ударе такого бампера автомобиля, движущегося со скоростью до 14 м/с о стоящий автомобиль, оба автомобиля получают лишь незначительные повреждения, а при скорости менее 8 м/с не остается никаких следов столкновения. Зимой бампер заполняют антифризом.

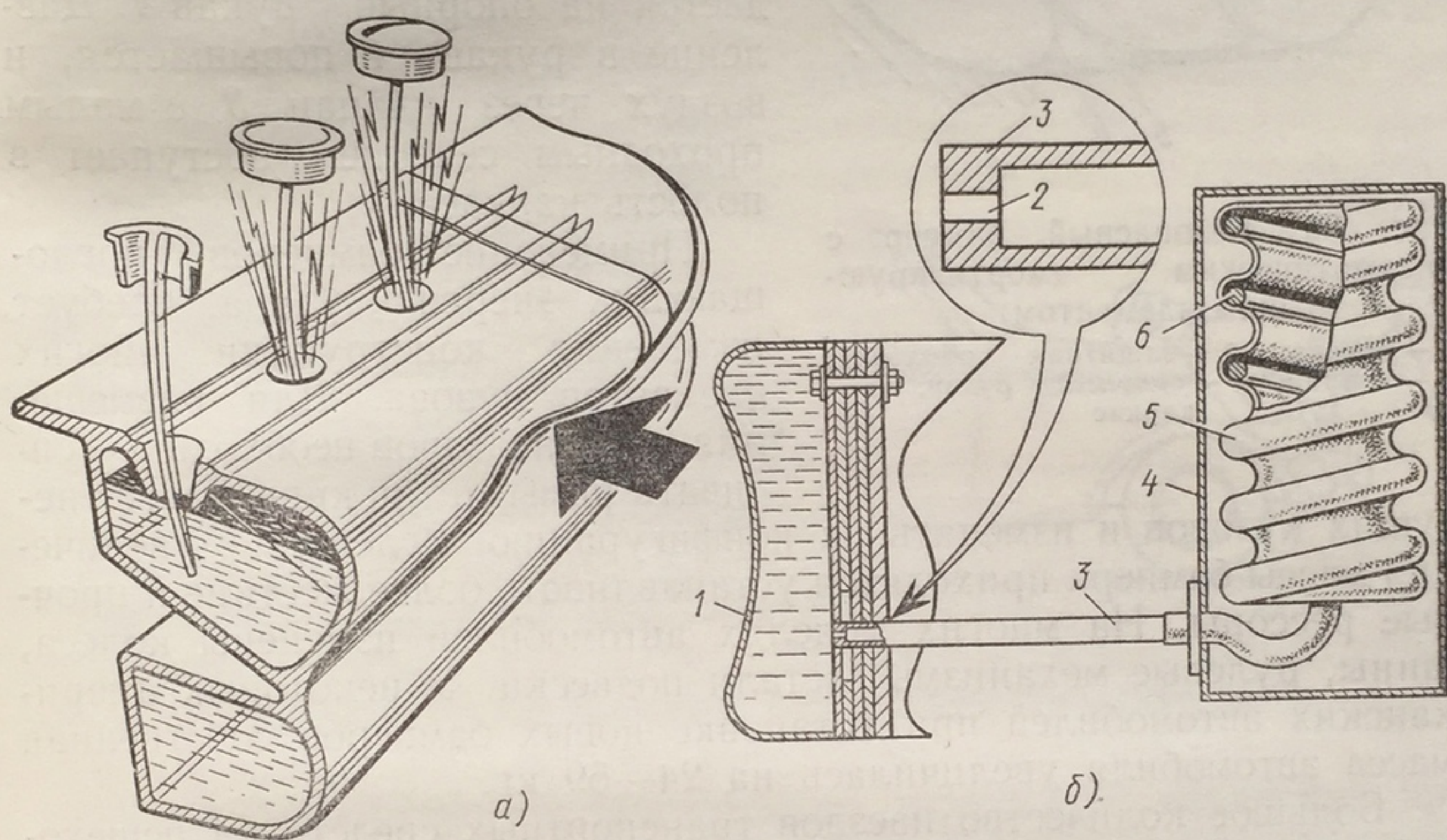


Рис. 85. Безопасные бамперы из синтетических материалов:

а — бампер с выбиваемыми заглушками; б — бампер с растягивающимся сильфоном; 1 — упругая оболочка; 2 — суживающаяся часть трубки; 3 — трубка; 4 — корпус; 5 — сильфон; 6 — пружина

Другой вариант гидropневматического бампера показан на рис. 85, б. В этом бампере нет отверстий в упругой оболочке 1, внутренняя полость которой сообщается трубкой 3 с сильфоном 5 из синтетической ткани, находящимся в отдельном корпусе 4. Пружина 6 внутри сильфона удерживает его в сжатом состоянии. При ударе жидкость из внутренней полости через трубку 3 выбрасывается внутрь сильфона, увеличивая его объем (на рисунке сильфон показан в разжатом состоянии) и преодолевая сопротивление пружины. Трубка 3 имеет суживающуюся часть 2, которая увеличивает сопротивление перетеканию жидкости. Энергия удара гасится вследствие перетекания жидкости через небольшое отверстие (диаметром 19—40 мм) и преодоления силы пружины сильфона.

В ФРГ разработан безопасный пневматический бампер (рис. 86), состоящий из двух рукавов 1, уложенных параллельно в выемки



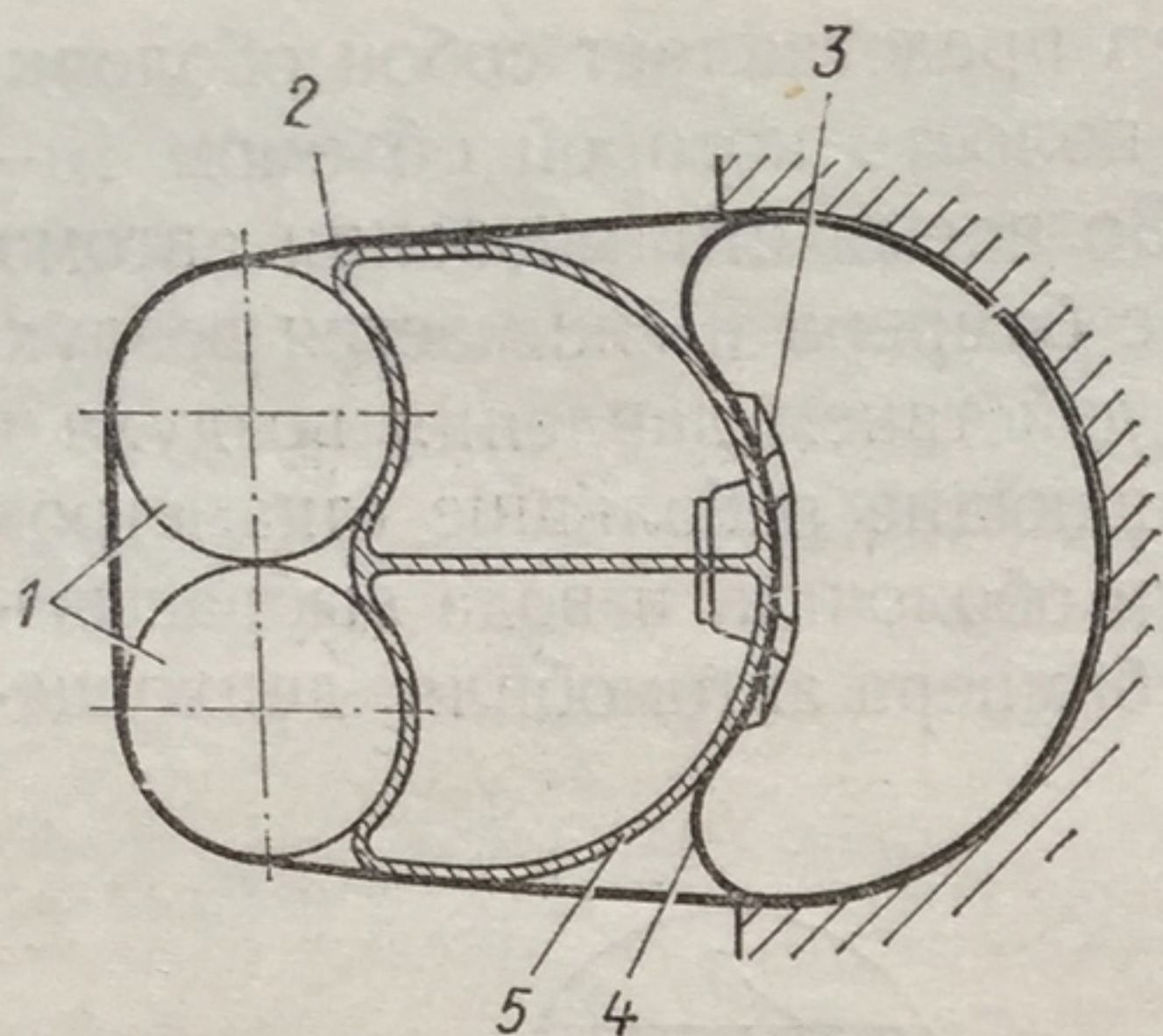


Рис. 86. Безопасный бампер с пневматическим амортизирующим элементом:

1 — рукава; 2 — защитная оболочка; 3 — клапан; 4 — опорный рукав; 5 — каркас

сущих кузовов и изменять их конфигурацию. Вследствие увеличения массы бампера приходится устанавливать более жесткие и прочные рессоры. На многих моделях автомобилей изменены колеса, шины, рулевые механизмы, детали подвески. У некоторых американских автомобилей при установке новых бамперов собственная масса автомобиля увеличилась на 24—59 кг.

Большое количество наездов транспортных средств на пешеходов и большая тяжесть последствий этого вида ДТП привели к изменениям внешнего оформления автомобилей. В последние годы скруглены острые углы облицовки радиатора, устранены выступавшие предметы (в том числе декоративные детали). Прекращена установка фигурных фирменных эмблем на передней части капота, например оленя на автомобилях ГАЗ или собаки на автомобилях Линкольн. Бамперы легковых автомобилей делают без клыков, а у бамперов грузовых убраны буксирные крюки.

Во время наезда автобуса или грузового автомобиля пешеход отбрасывается в сторону. При наезде же легкового автомобиля пешеход сначала падает на капот и некоторое время движется вместе с автомобилем, после чего падает на дорогу. Смертельный исход в обоих случаях наступает при скорости автомобиля около 11 м/с.

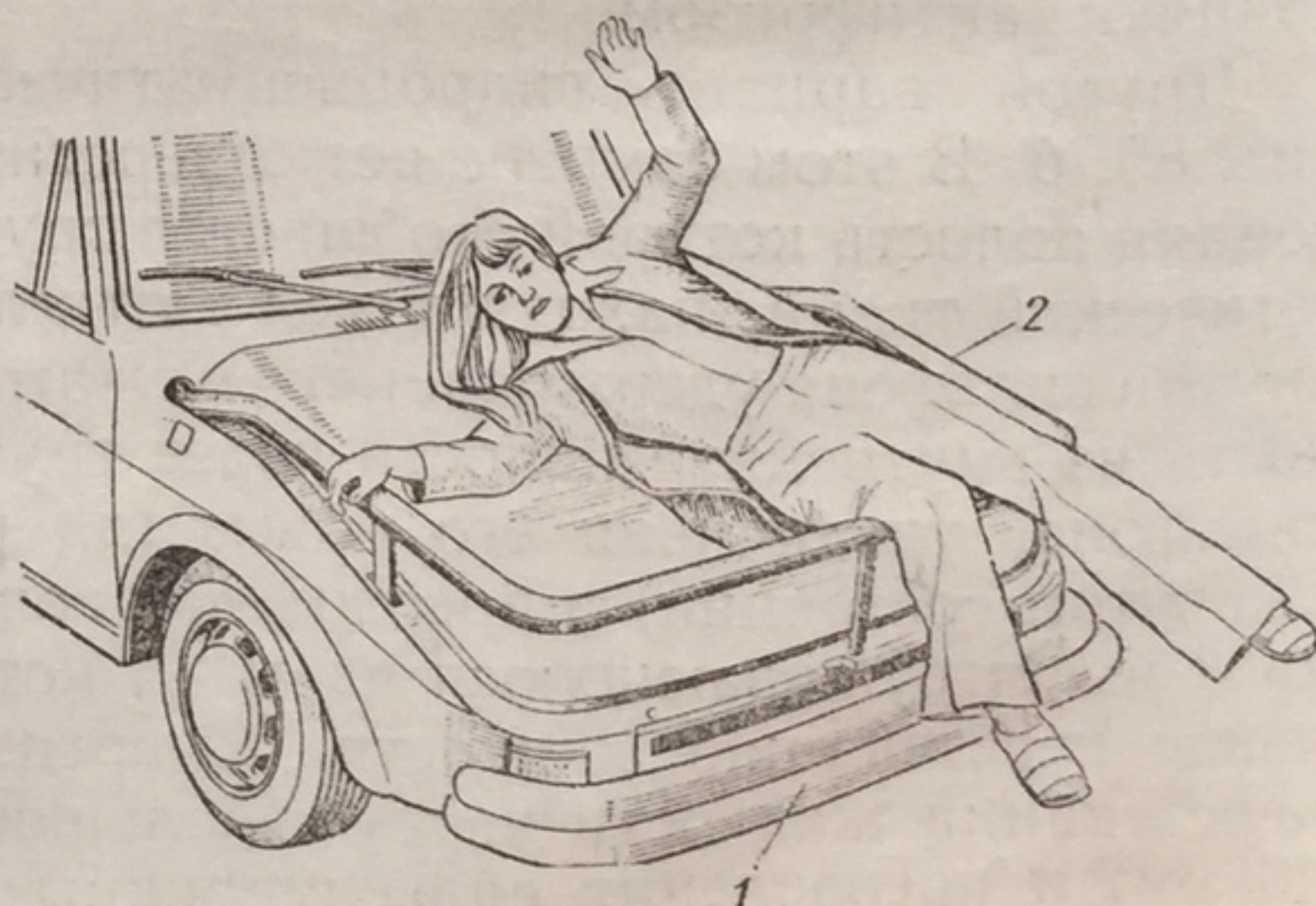


Рис. 87. Автоматическая защитная рамка: 1 — бампер; 2 — рамка

каркаса 5 из алюминиевого сплава. Опорный рукав 4 лежит в выемке кузова и сообщается с внутренней полостью каркаса через клапан 3. Все элементы бампера закрыты защитной оболочкой 2. При наездах и столкновениях усилие через рукава 1 и каркас передается на опорный рукав 4. Давление в рукаве 4 повышается, и воздух через клапан 3 с малым проходным сечением поступает в полость каркаса.

Применение бамперов, поглощающих энергию удара, требует изменения конструкции многих элементов кузова. Для размещения амортизаторов необходимо усиливать рамы и нижние части не-

Для соблюдения его от падения в первой капот авт продолжа

1 — цилиндр; 7\*



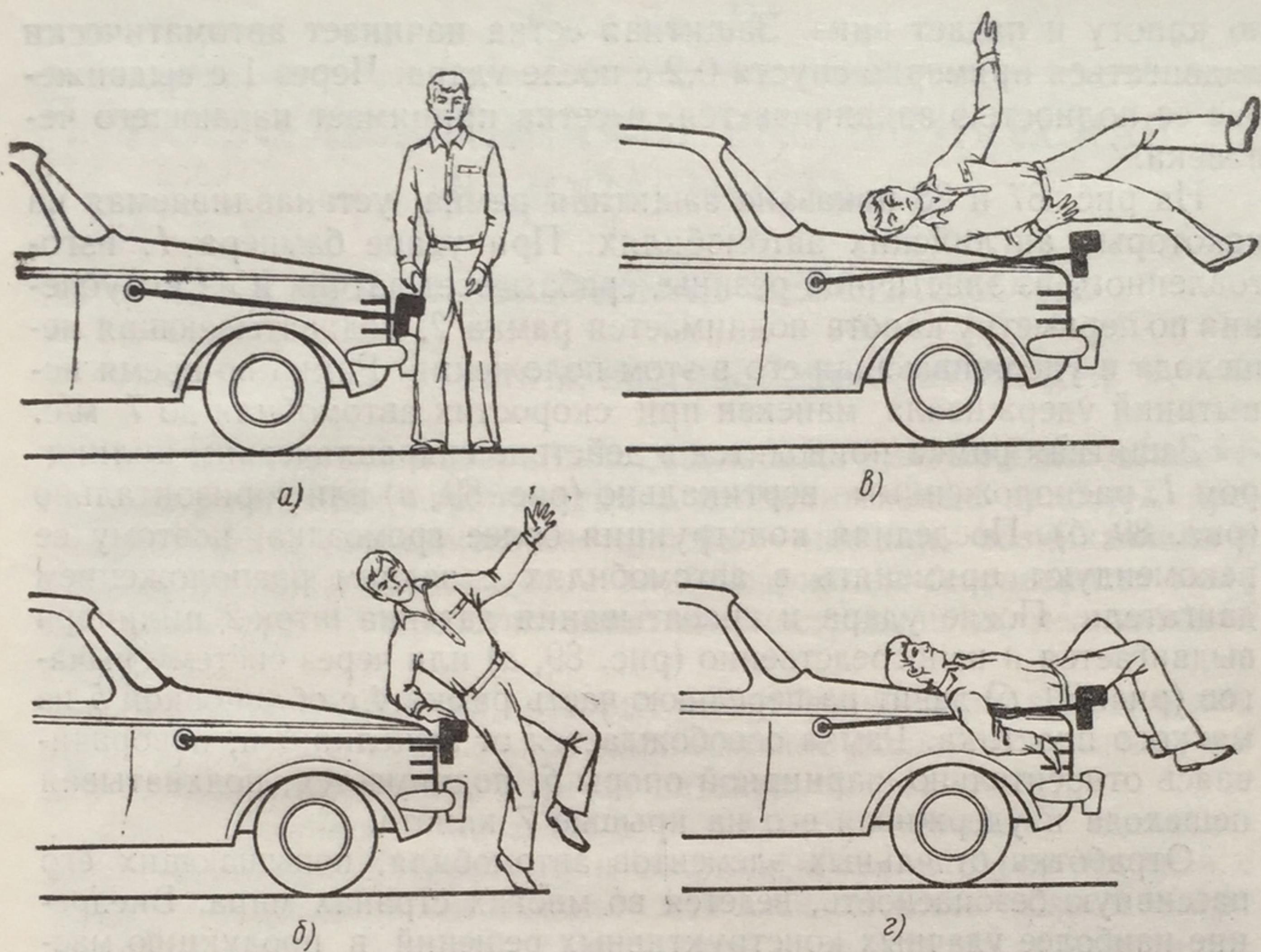


Рис. 88. Схема работы защитной рамки

Для уменьшения травматизма предложены защитные приспособления, удерживающие пешехода после удара и предохраняющие его от падения на дорогу. При срабатывании такого приспособления в первой стадии наезда (через 0,2—0,3 с) пешеход забрасывается на капот автомобиля. После начала торможения автомобиля пешеход, продолжая двигаться с приобретенной скоростью, сползает вперед

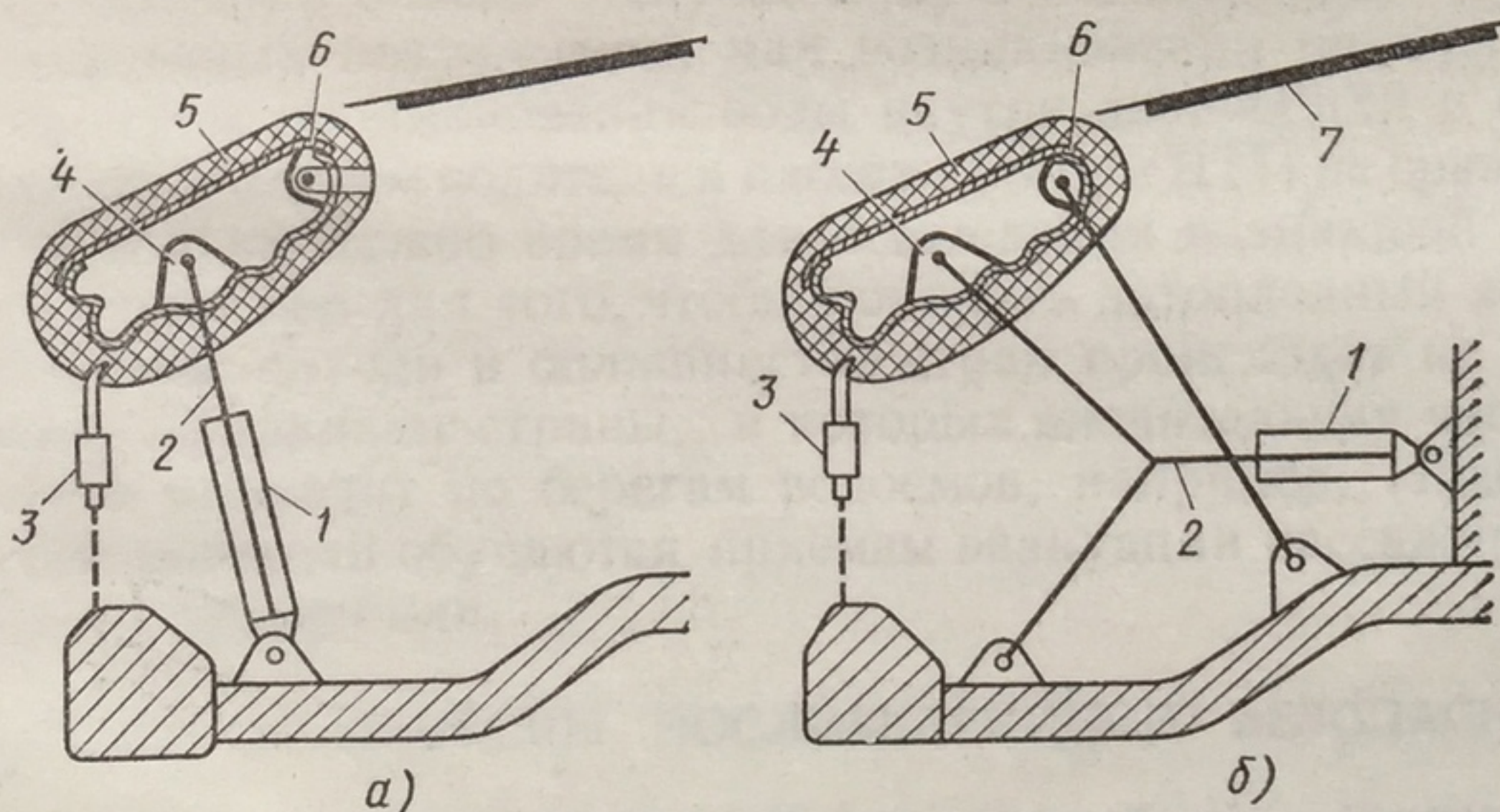


Рис. 89. Схема привода защитной рамки:

1 — цилиндр; 2 — шток; 3 — защелка; 4 — рамка; 5 — облицовка рамки; 6 — шарнирная опора; 7 — крышка капота

7\*



по капоту и падает вниз. Защитная сетка начинает автоматически выдвигаться примерно спустя 0,2 с после удара. Через 1 с выдвижение ее полностью заканчивается, и сетка принимает падающего человека.

На рис. 87 и 88 показана защитная рамка, устанавливаемая на некоторых английских автомобилях. При ударе бампера 1, изготовленного из эластичной резины, срабатывает датчик и из углубления по периметру капота поднимается рамка 2, подхватывающая пешехода и удерживающая его в этом положении. Рамка во время испытаний удерживала манекен при скоростях автомобиля до 7 м/с.

Защитная рамка приводится в действие гидравлическим цилиндром 1, расположенным вертикально (рис. 89, а) или горизонтально (рис. 89, б). Последняя конструкция более громоздка, поэтому ее рекомендуют применять в автомобилях с задним расположением двигателя. После удара и срабатывания датчика шток 2 цилиндра выдвигается и непосредственно (рис. 89, а) или через систему рычагов (рис. 89, б) давит на переднюю часть рамки 4 с облицовкой 5 из мягкого пластика. Рамка освобождается от защелки 3 и, поворачиваясь относительно шарнирной опоры 6, поднимается, подхватывая пешехода и удерживая его на крышке 7 капота.

Отработка отдельных элементов автомобиля, повышающих его пассивную безопасность, ведется во многих странах мира. Внедрение наиболее удачных конструктивных решений в продукцию массового производства способствует дальнейшему снижению аварийности на автомобильном транспорте и созданию прототипов специальных безопасных автомобилей.

ОТРАБОТКА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЯ, ПОВЫШАЮЩИХ ЕГО ПАССИВНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ, ВЕДЕТСЯ ВО МНОГИХ СТРАНАХ МИРА. ВНЕДРЕНИЕ НАИБОЛЕЕ УДАЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ПРОДУКЦИЮ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА СПОСОБСТВУЕТ ДАЛЬНЕЙШЕМУ СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ И СОЗДАНИЮ ПРОТОТИПОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ БЕЗОПАСНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.

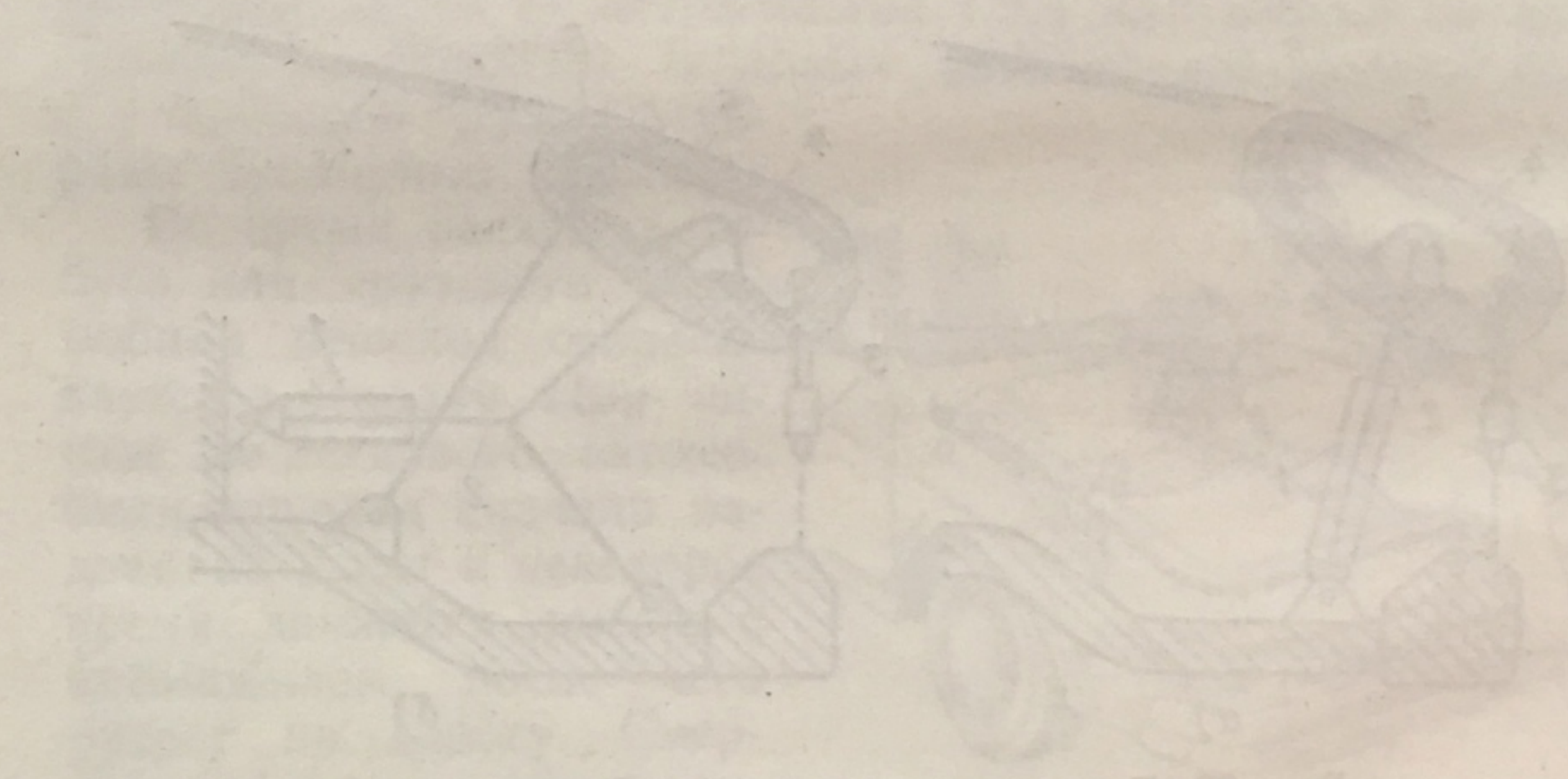


Рис. 89. Конструкция защитной рамки, устанавливаемой на некоторых английских автомобилях. а) вертикальное расположение цилиндра; б) горизонтальное расположение цилиндра

П  
К эле  
ся конст  
дотвраща  
результата  
но также  
помощи.  
Опасн  
ДТП, сле  
дой салон  
После  
ности топ  
нагретыми  
начаться  
кинуть го  
ченных тр  
ляется дл  
пожар при  
данным ра  
1,2%), он  
Заклин  
препятств  
бия, что  
жирами се  
При бы  
попадания  
ходят в себ  
ции и прин  
биль. Подос  
Исключение  
рожной сет  
ды, где все  
затонувшего  
2. УСТРОИСТ  
Требован  
ющим элемен  
24 ЕЭК С



## Глава IV

# ПОСЛЕАВАРИЙНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

## § 19. ПОСЛЕАВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### 1. ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПОСЛЕ ДТП

К элементам послеаварийной безопасности автомобиля относятся конструктивные мероприятия и дополнительные приборы, предотвращающие возникновение опасных явлений, возникающих в результате ДТП. К элементам послеаварийной безопасности можно также отнести средства оказания пострадавшим медицинской помощи.

Опасными явлениями, которые могут возникнуть в результате ДТП, следует считать пожар, заклинивание дверей, заполнение водой салона автомобиля, если он затонул.

После возникновения ДТП в результате нарушения герметичности топливной аппаратуры и соприкосновения паров топлива с нагретыми деталями автомобиля или электрической искрой может начаться пожар. Водитель и пассажиры не всегда могут быстро покинуть горящий автомобиль из-за заклинивания дверей или полученных травм. Пребывание в горящем автомобиле более 1,5 мин является для человека практически смертельным. Несмотря на то, что пожар при ДТП возникает сравнительно редко (по статистическим данным различных стран, число ДТП с пожаром составляет 0,03—1,2%), он представляет собой серьезную опасность.

Заклинивание дверей, происходящее достаточно часто при ДТП, препятствует быстрой эвакуации пассажиров и водителя из автомобиля, что особенно опасно в случае получения водителем и пассажирами серьезных повреждений или возникновения пожара.

При быстром проникновении воды внутрь автомобиля в случае попадания его в водоем водитель и пассажиры при ДТП не сразу приходят в себя и им нужно время для осмысления возникшей ситуации и принятия мер для того, чтобы покинуть затопленный автомобиль. Подобные случаи в большинстве стран происходят не часто. Исключение составляют страны, в которых значительная часть дорожной сети проходит по берегам водоемов, например, Нидерланды, где все водители обучаются приемам эвакуации пассажиров из затонувшего автомобиля.

### 2. УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ ПОСЛЕАВАРИЙНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Требования к пожарной безопасности автомобиля и соответствующим элементам его конструкции регламентируются Правилами № 34 ЕЭК ООН и национальными стандартами. Эти документы



регламентируют утечку топлива из топливного бака, заливной горловины и топливопроводов при фронтальном наезде автомобиля на препятствие со скоростью 13 м/с или наезде сзади со скоростью 9 м/с; утечка топлива в момент наезда не должна превышать 28 г/мин, а образование каплеобразной смеси также 28 г/мин.

Правилами предусматривается установка огнестойкой перегородки между топливным баком и пассажирским салоном. Элементы системы питания должны быть защищены от коррозии и предохранены от соприкосновения с препятствиями на грунте. Все топливопроводы должны располагаться в защищенных местах (но не в салоне автомобиля); они не должны подвергаться каким-либо механическим воздействиям. Топливный бак следует изготавливать из огнестойкого материала; он не должен заряжаться статическим электричеством.

Заливная горловина не должна располагаться в салоне, багажнике или моторном отсеке и выступать над поверхностью кузова; крышка горловины должна быть огнестойкой.

Электропроводку следует размещать в специальных каналах или крепить к корпусу; она должна быть защищена от коррозии.

Для предотвращения быстрого распространения пламени и образования в салоне ядовитых газов (продуктов сгорания) регламентируются свойства материалов для внутренней отделки салона.

Конструкции автомобилей массового производства должны отвечать перечисленным выше требованиям. Кроме того, для повышения пожарной безопасности автомобилей на них устанавливают автоматически включающиеся огнетушители (как правило, пенные); штатные пенные или порошковые огнетушители; устройства, автоматически размыкающие электроцепь автомобиля при возникновении перегрузок определенной величины; устройства для автоматического впрыскивания в топливный бак веществ, превращающих бензин в трудносгораемое вещество (композиции галогенов, кремниевые соединения, специальные смолы).

Заклинивание дверей автомобилей в настоящее время не регламентируется стандартами. В какой-то мере можно применять Правила № 11 ЕЭК ООН «Прочность замков и петель боковых дверей». Однако следует учитывать, что чем надежнее замки в исправном состоянии, тем труднее открыть их в деформированном виде.

Облегчение эвакуации людей из салона автомобиля, особенно автобуса, может быть достигнуто следующими мероприятиями:

- устройством запасных выходных люков в крыше автобуса (автомобиля);

- устройством запасных выходных люков в боковых стенках автобуса;

- снабжением дверей и люков дополнительными наружными замками и рукоятками;

- оборудованием салона молотками для разбивания стекол, пилами, молотами, ножницами и другими инструментами для прорезания отверстий в стенках автобуса.



Предотвращение попадания воды в салон автомобиля при его затоплении также пока не регламентируется стандартами. Единственный путь борьбы с этим явлением — повышение общей герметичности салона автомобиля. В этом направлении имеется много нерешенных вопросов. Следует отметить, что возможность спасения людей из затопленного автомобиля зависит не столько от его конструкции (водонепроницаемости), сколько от состояния окон автомобиля (открыты или закрыты), умения людей плавать, знания приемов эвакуации, и, прежде всего, от присутствия духа у водителя и пассажиров.

Вероятность спасения людей при возникновении пожара, затоплении автомобиля и серьезных ренениях в значительной степени зависит также от того, насколько хорошо организованы на трассе медицинская, пожарная и водолазная спасательные службы. Однако эти вопросы выходят за рамки конструктивной безопасности транспортных средств.

## § 20. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### 1. ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В настоящее время в связи с научно-технической революцией в сферу материального производства включается все большее количество природных ресурсов, поэтому увеличивается объем вредных отходов предприятий, технических сооружений и транспортных средств.

Ярким примером неблагоприятного влияния на окружающую среду может служить автомобилизация.

Автомобили оказывают вредное воздействие на окружающую среду и человека, так как в отработавших газах содержатся опасные для здоровья компоненты, при движении автомобилей возникает шум. Кроме того, при дорожно-транспортных происшествиях наносится материальный ущерб (уничтожение и повреждение грузов, транспортных средств и сооружений) и возможны гибель и ранение людей. При этом степень вредного воздействия увеличивается с ростом интенсивности движения. Это связано со спецификой обменных процессов в окружающей среде, что вызывает постоянное накопление в ней вредных компонентов.

При использовании автомобиля как массового транспортного средства необходимо развитие сети автомобильных дорог, под строительство которых приходится отводить значительные площади.

Автомобильные дороги с интенсивным движением создают «разделяющий эффект», затрудняя связи между объектами и участками живой природы, расположенными по разные стороны дороги. Дорожное строительство нарушает экологическое равновесие в природе вследствие изменения существующего ландшафта; усиления водной и ветровой эрозии; развития геодинамических процессов, например оползней и обвалов; загрязнения окружающей местности,



поверхностных и грунтовых вод материалами и веществами, применяемыми при эксплуатации автомобилей и дороги; неблагоприятного воздействия на существующий растительный и животный мир.

При широком использовании автомобилей все возрастающее количество людей посещает ранее недоступные для них природные комплексы, что приводит к загрязнению отходами территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, и других мест.

Учитывая значение и актуальность вопросов защиты окружающей среды, в нашей стране экологические проблемы рассматрива-

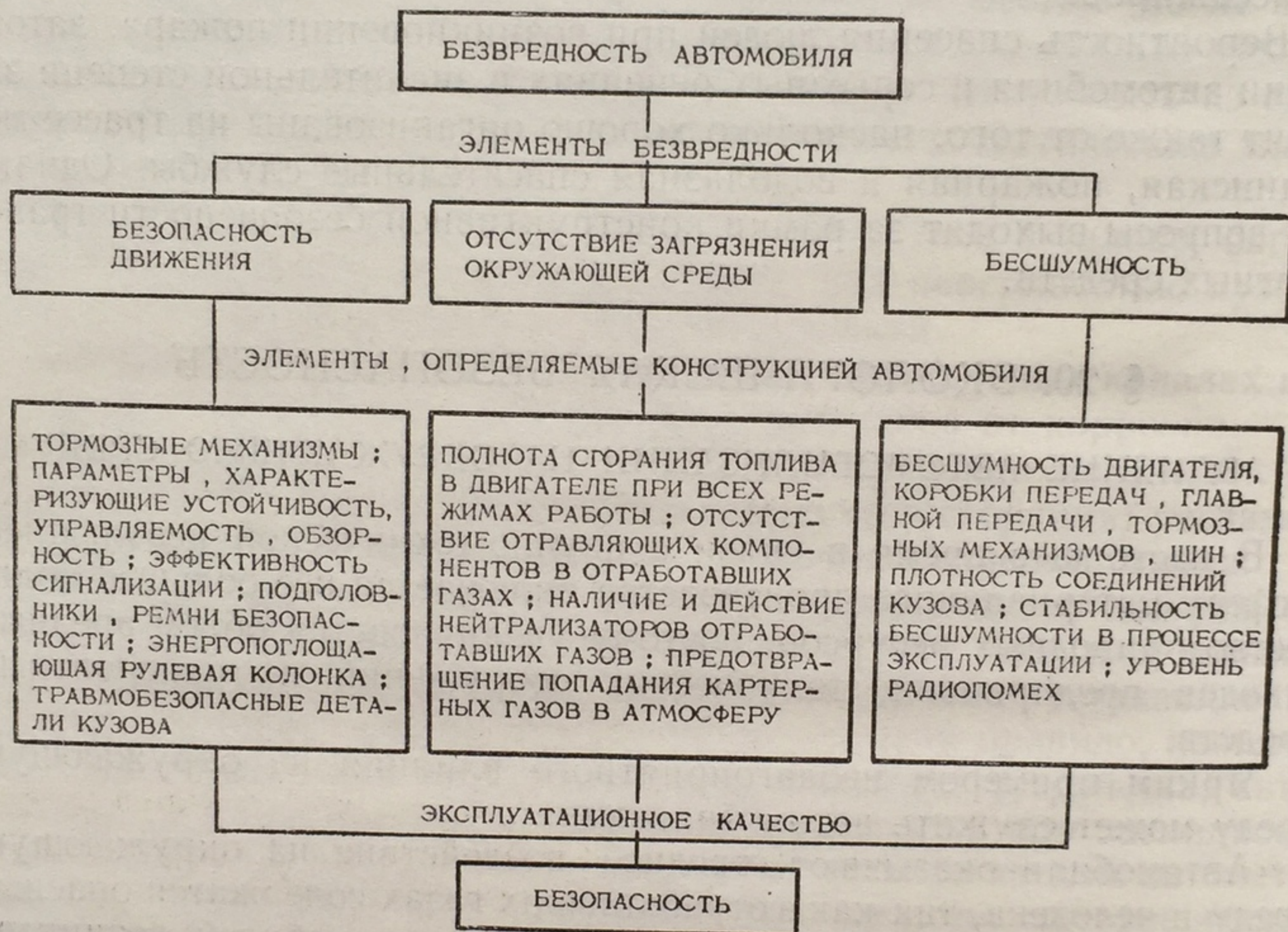


Рис. 90. Схема зависимости безвредности автомобиля от элементов его конструкции

ются как составная часть общегосударственной политики. В статье 18 Конституции СССР указывается: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды».

Основными мероприятиями по предотвращению и уменьшению вредного воздействия автомобилей на окружающую среду следует считать:

- 1) разработку таких конструкций автомобилей, которые меньше загрязняли бы атмосферный воздух токсичными компонентами отработавших газов и создавали бы шум более низкого уровня;
- 2) совершенствование методов ремонта, обслуживания и эксплуатации автомобилей с целью снижения концентрации токсичных ком-



понентов в отработавших газах и уровня шума, производимого автомобилями;

3) соблюдение при проектировании и строительстве автомобильных дорог таких требований, как вписывание дороги в ландшафт; рациональное сочетание элементов плана и продольного профиля, обеспечивающее постоянство скорости движения автомобиля; защита поверхностных и грунтовых вод от загрязнения; борьба с водной и ветровой эрозией; предотвращение оползней и обвалов; сохранение животного и растительного мира; сокращение площадей, отводимых под строительство; защита зданий и сооружений вблизи дороги от вибраций, возникающих при движении автомобилей; борьба с транспортным шумом и загрязнением воздуха; применение методов и технологии строительства, приносящих наименьший ущерб окружающей среде;

4) использование средств и методов организации и регулирования движения, обеспечивающих оптимальные режимы движения и характеристики транспортных потоков, сокращение остановок у светофоров, числа переключения передач и времени работы двигателей на неустановившихся режимах.

Ниже изложены основные положения, касающиеся безвредности автомобиля и методов ее повышения, снижения токсичности отработавших газов и шума (автомобиля).

На рис. 90 приведена схема зависимости безвредности автомобиля от элементов его конструкции.

## 2. ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

**Токсичные компоненты и их влияние на человека и окружающую среду.** Загрязнение атмосферы вредными веществами связано с работой промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий, а также транспортных средств, на которых в качестве силовых установок используются тепловые двигатели.

Характер загрязнения атмосферы, общее количество и состав выбрасываемых вредных веществ, их распределение в атмосфере и методы их обезвреживания в значительной степени зависят от места расположения и характера рабочего цикла источников. Источники выбросов делятся на стационарные и передвижные. В наиболее моторизованных странах мира около 50% общей массы выбросов приходится на долю передвижных источников. При этом основная масса выбросов от передвижных источников в этих странах приходится на долю автомобилей.

К основным вредным компонентам отработавших газов автомобилей относятся окись углерода  $\text{CO}$ , углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_m$ , окислы азота  $\text{NO}_x$ , твердые частицы (сажа) и в меньшей степени окислы серы  $\text{SO}_x$ .

*Окись углерода* — химически инертный газ, обладающий способностью легко смешиваться с окружающим воздухом. Окись углерода — сильное токсичное вещество. Гемоглобин крови в 200 раз луч-



ше усваивает CO, чем кислород, это приводит к появлению в крови человека большой концентрации карбоксигемоглобина, которая у людей с больным сердцем может вызвать инфаркт миокарда. В городах стран с большим автомобильным парком автомобили являются основным источником загрязнения воздуха окисью углерода (табл. 29).

#### 28. Загрязнение окружающей среды в США (за год)

Наименование	CO	CH <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	Твердые частицы	Всего
Общее количество выбросов, млн. т	94,6	30,4	22,5	31,4	19,5	198,4
Выбросы транспортных средств, млн. т:	73,5	12,8	10,7	0,8	1,3	99,1
в том числе наземных	63,6	11,0	8,1	0,4	0,9	84,0
Доля выбросов транспортных средств, %	77,7	42,1	47,6	2,5	6,7	50,8

Окислы азота вступают в реакцию с окружающим воздухом, образуя двуокись азота NO<sub>2</sub>, которая вместе с углеводородами CH образует фотохимический смог. Эти соединения токсичны, они воздействуют на бронхи и легкие, вызывая ряд необратимых изменений. По данным США, доля выбросов NO<sub>x</sub>, приходящаяся на автомобили, составляет 23—74%.

Углеводороды также участвуют в создании фотохимического смога. Наиболее опасным из ароматических углеводородов является бензпирен-3, -4, обладающий канцерогенными свойствами. Автомобили в городах являются главным источником образования ароматических углеводородов, особенно автомобили с дизелями.

Соли свинца, являющиеся сильно действующими токсичными веществами, содержатся в отработавших газах бензиновых двигателей, особенно двигателей, работающих на бензине с антидетонационными присадками.

#### 29. Потенциальное содержание токсичных веществ в топливе (в кг на 1000 кг топлива)

Токсичный компонент	Отработавшие газы бензиновых двигателей	Отработавшие газы дизелей	Продукты сгорания в нагревательных установках
Окись углерода	250	20	4
Окислы азота	15	25	5
Окислы серы	1	5	20
Бензпирен-3,4	10 <sup>-5</sup>	1,3 · 10 <sup>-4</sup>	5 · 10 <sup>-6</sup>
Углеводороды	15	20	2
Альдегиды	0,4	1,2	0,3
Свинец	0,5	0,05	0,09



Количество вредных компонентов, выбрасываемых при сгорании 1 т нефтяного топлива в различных тепловых установках, приведено в табл. 29.

Отрицательное воздействие автомобиля на окружающую среду заключается не только в выделении токсичных веществ, но и в сжигании кислорода, так как для сгорания нефтепродуктов необходим кислород (ориентировочно 3,3 т кислорода на 1 т нефтепродуктов).

Кроме воздействия на человека, загрязнение воздуха наносит вред сельскому хозяйству, многим материалам и изделиям.

### 3. МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АВТОМОБИЛЯМИ

Объем выбросов и степень их токсичности зависят от очень многих факторов как конструктивного, так и организационно-технического характера (градостроения, организации движения, технической эксплуатации автомобилей и др.), а также погодных-климатических условий и режимов работы автомобиля.

Методы уменьшения загрязнения атмосферы отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания можно разделить на две группы: методы снижения токсичности выбросов; методы уменьшения объемов выбросов.

**Методы снижения токсичности выбросов.** Методы, применяемые для снижения токсичности, можно разделить на четыре основные группы: изменение конструкции, рабочего процесса, технологии производства и специального регулирования двигателей внутреннего сгорания и их систем; применение другого вида топлива или изменение физико-химических свойств топлива; очистка выбросов от токсичных компонентов с помощью дополнительных устройств; замена традиционных двигателей новыми малотоксичными силовыми установками.

Методы первой группы включают многочисленные мероприятия по улучшению смесеобразования и обеднения смеси, дозирования и распределения ее по цилиндрам (электронные и электромеханические системы впрыска топлива, модифицированные быстропрогреваемые впускные клапаны, термостатирование воздуха, гомогенизация смеси).

Токсичность отработавших газов значительно уменьшается при применении бесконтактных транзисторных (индукционных и емкостных) систем зажигания; карбюраторов новых типов (с быстродействующими заслонками, пневматическим впрыском и электронным управлением); использовании форкамерно-факельных процессов и послойного смесеобразования; установке устройств для рециркуляции отработавших газов, изменении формы камеры сгорания и впрыске в нее воды.

С помощью специальных регулировок (состава смеси, частоты вращения холостого хода, угла опережения зажигания и времени



перекрытия клапанов) можно уменьшить содержание токсичных компонентов в отработавших газах.

Вторая группа методов имеет два основных направления: применение присадок к топливам, снижающих выброс свинца, серы, канцерогенных веществ, сажи и твердых частиц; перевод двигателей на другие виды топлива (пропан-бутан, природный газ, водород).

Третья группа методов — очистка выбросов от токсичных компонентов, производимая с помощью нейтрализаторов различных типов и очистителей, устанавливаемых на автомобили. Эти методы получили широкое распространение в ряде стран.

Нейтрализаторы производят физико-химическую очистку выбросов (термические, каталитические, жидкостные, механические, улавливающие испарения топлива и картерных газов, комбинированные), а очистители осуществляют очистку воздуха на входе в двигатель и отработавших газов при выходе их из двигателя.

Наиболее распространенные в настоящее время бензиновые карбюраторные двигатели могут быть заменены двигателями других типов, отработавшие газы которых содержат меньше токсичных веществ; дизелями и особенно их малотоксичными модификациями; двигателями, работающими на газовом топливе; газотурбинными, роторнопоршневыми или электрическими двигателями; двигателями Стирлинга.

Теоретически могут быть применены также паровые двигатели, работающие по замкнутому или разомкнутому циклу, а также инерционные двигатели, аккумулирующие потенциальную и кинетическую энергию.

Следует отметить, что применение инерционных и электрических двигателей, а также двигателей, работающих на водородном топливе, потребует создания дополнительных энергетических установок (для производства электричества и разложения водорода). Эти дополнительные энергетические установки также в основном работают на традиционных видах топлива, при сгорании которых образуются токсичные выбросы.

Необходимо учитывать, что применение комплекса устройств, снижающих токсичность, значительно удорожает автомобиль (до 25%).

**Методы уменьшения объемов выбросов.** Эти методы относятся в значительной степени к организационно-техническим мероприятиям, не связанным с конструктивной безопасностью автомобиля, поэтому они не рассматриваются подробно в настоящем учебном пособии.

Уменьшение объемов выбросов может быть достигнуто соответствующей организацией транспортных потоков и оптимизацией их характеристик; рациональной организацией доставки пассажиров в городах и изменением типажа городского транспорта; формированием пассажиропотоков; целесообразной транспортной планировкой городов.

При дви  
него сгора  
миссии и к  
покрытием.

У техни  
большой пр  
с дорожным  
ет меньшую  
дорожным п  
торого зави  
ка протекто

Шум от  
ренного с  
впускном  
трубопровод  
тельном кл  
результате

Рис. 91. Завис  
ма грузовых  
скорости дви

1 — шум от шин  
автомоб  
— — — — — автомо

телей с клапа  
дачах между  
охлаждения  
передачи и в  
также в зубча  
ростепенных

В элемент  
и его кузове  
элементах по  
потоком при д

Шум, созд  
ламентируется  
торых являютс  
документа осн

ГОСТ 19358  
мотороллеры,  
шум. Предел

тирует допуст  
Эти нормы о  
приведены пр  
транспортных



#### 4. ШУМ ОТ АВТОМОБИЛЕЙ

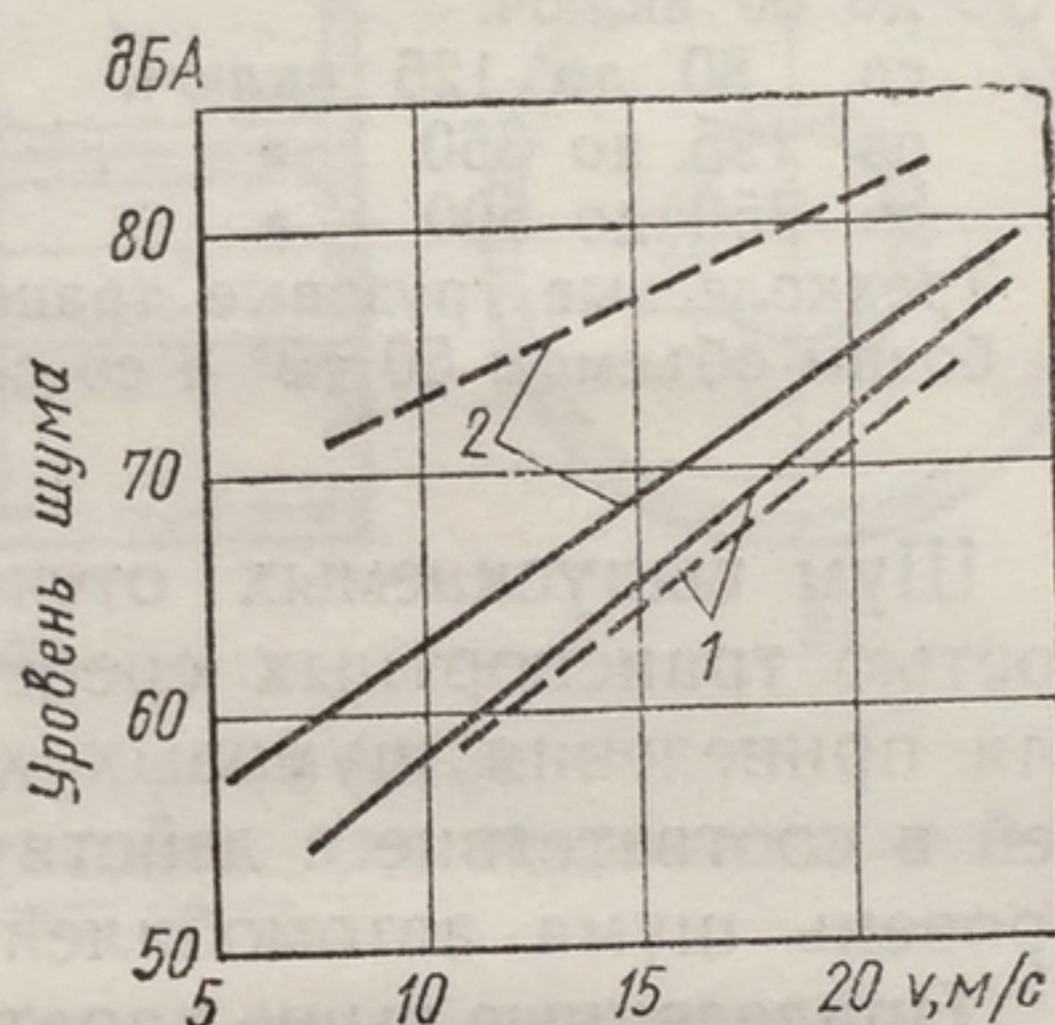
При движении автомобиля шум создается двигателем внутреннего сгорания, шасси автомобиля (в основном механизмами трансмиссии и кузовом) и в результате взаимодействия шин с дорожным покрытием.

У технически исправного легкового автомобиля, имеющего небольшой пробег, основной источник шума — взаимодействие шин с дорожным покрытием, у грузового автомобиля шум шин составляет меньшую долю (рис. 91). В результате взаимодействия колеса с дорожным покрытием возникает шум, уровень и характеристики которого зависят от типа автомобиля, конструкции подвески, рисунка протектора, нагрузки на шину, ее жесткости и давления в ней.

Шум от работы двигателя внутреннего сгорания возникает во впускном тракте карбюратора и трубопроводе; в газораспределительном клапанном механизме в результате взаимодействия толка-

Рис. 91. Зависимость изменения общего шума грузовых автомобилей и шума шин от скорости движения  $v$  при включенной прямой передаче:

1 — шум от шин; 2 — общий шум автомобиля;  
— автомобиль грузоподъемностью 4 т;  
--- автомобиль грузоподъемностью 12 т



телей с клапанами; в зубчатых, а также в цепных и ременных передачах между коленчатым и распределительным валами; в системе охлаждения двигателя вследствие работы вентилятора, ременной передачи и водяного насоса; в выпускной системе. Шум возникает также в зубчатых зацеплениях коробки передач и ряде других второстепенных (по шуму) механизмов.

В элементах шасси технически исправного (нового) автомобиля и его кузове шум создается при работе механизмов трансмиссии, в элементах подвески и в результате обтекания кузова воздушным потоком при движении.

Шум, создаваемый отдельным автомобилем (автопоездом), регламентируется рядом нормативных документов, основными из которых являются Правила № 9 ЕЭК ООН (на требованиях этого документа основаны ГОСТ 19358—74\* и большинство национальных стандартов европейских стран).

ГОСТ 19358—74\* «Автомобили, автопоезда, автобусы, мотоциклы, мотороллеры, мопеды и мотовелосипеды. Внешний и внутренний шум. Предельно допустимые уровни. Методы измерения» регламентирует допустимые характеристики шума транспортных средств. Эти нормы относятся к единичным новым автомобилям. Ниже приведены предельно допустимые уровни внешнего шума новых транспортных средств (в дБ по шкале А):



Легковые автомобили и автотранспортные средства, сконструированные на шасси легкового автомобиля	82
Грузовые и грузопассажирские автомобили (колесная формула 4×4), автомобили-тягачи, автомобили-фургоны с полной массой, кг:	
до 3500 включ.	84
св. 3500 до 12 000 включ.	89
св. 12 000 с двигателем мощностью:	
до 162 кВт включ.	89
св. 162 кВт	91
Автобусы с полной массой, кг:	
до 3500 включ.	84
св. 3500 с двигателем мощностью:	
до 162 кВт включ.	89
св. 162 кВт	91
Мотоциклы, мотороллеры, мопеды и мотовелосипеды с двигателем рабочим объемом, см <sup>3</sup> :	
до 80 включ.	82
св. 80 до 125 включ.	82
св. 125 до 350 »	84
св. 350 до 500 »	85
Трехколесные грузовые транспортные средства с двигателем рабочим объемом 50 см <sup>3</sup> и со скоростью движения не более 50 км/ч	85

Шум выпускаемых отечественной автомобильной промышленностью транспортных средств соответствует этим нормам. Однако для приведения шумовых характеристик отечественных автомобилей в соответствие с действующими в СССР санитарными нормами уровень шума автомобилей необходимо снижать.

Приведенные выше характеристики шума и источники его возникновения относятся к одиночным новым автомобилям. Фактически шум создают транспортные потоки, и уровень его может меняться от очень многих причин, основными из которых являются: техническое состояние, скорость движения и режимы движения автомобиля; тип и состояние дорожного покрытия; состав и характеристики транспортного потока, в котором движется автомобиль; градостроительные особенности магистрали.

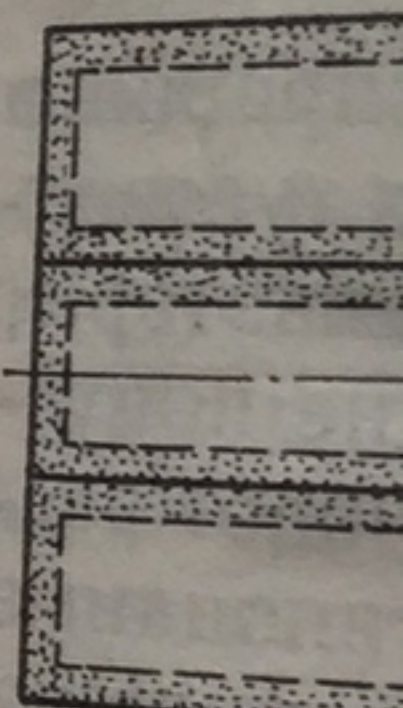
Доминирующее значение шума шин сохраняется при прямолинейном равномерном движении исправного нового автомобиля. Эта составляющая увеличивается с повышением скорости движения (рис. 91), но обычно не более чем на 10—15 дБ по шкале А. При исследовании влияния срока службы автомобиля на уровень создаваемого шума установлено, что он возрастает в среднем на 1,5—2,5 дБ по шкале А в год. При этом по мере изнашивания автомобиля доминирующее значение приобретают шумы двигателя, трансмиссии, подвески и особенно кузова автомобиля.

Шум двигателя увеличивается из-за нарушения герметичности во впускном и выпускном трактах и изнашивания вращающихся деталей. Вследствие изнашивания сопряженных пар повышается шум в трансмиссии и подвеске. Особенно возрастает шум кузова из-за ослабления крепления его элементов и снижения общей жесткости конструкции, что неизбежно приводит к вибрации кузова.

При дви  
шум дви  
томобил

5.

Для с  
руироват  
цессов, с  
вешенных



а — пластинча

пуски сопр  
ники сколи  
ние шума  
и шумоизо

Шум во  
мощью воз  
резонансн  
труб, умени  
потокот  
жать урове

Уровень  
чений чере  
шкале А. Чт  
ные или ре

Наиболее  
шители пре  
стенки кото  
(рис. 92). Зв  
внутренние  
каналов, тем  
ким глушите



При движении на неустановившихся режимах также увеличивается шум двигателя и шасси, особенно при разгонах и торможениях автомобиля, что характерно для движения в городских условиях.

## 5. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА АВТОМОБИЛЕЙ

Для снижения шума автомобиля прежде всего стремятся конструировать менее шумные механические узлы; уменьшать число процессов, сопровождающихся ударами; снижать величину неуравновешенных сил, скорости обтекания деталей газовыми струями, до-

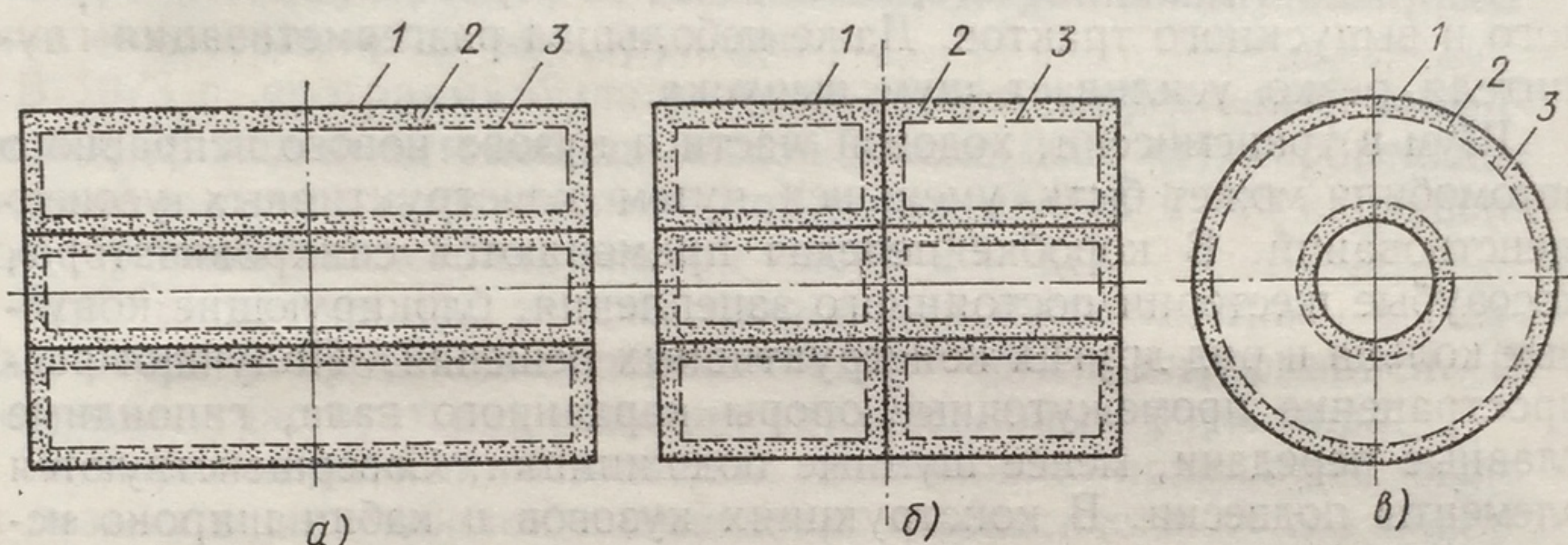


Рис. 92. Схемы активных глушителей шума:

а — пластинчатый; б — сотовый; в — кольцевой; 1 — корпус; 2 — звукопоглотитель; 3 — перфорированный лист или сетка

пуска сопрягаемых деталей; улучшать смазку; применять подшипники скольжения и бесшумные материалы. Кроме того, уменьшение шума автомобиля достигается применением шумопоглощающих и шумоизолирующих устройств.

Шум во впускном тракте двигателя может быть уменьшен с помощью воздухоочистителя специальной конструкции, имеющего резонансную и расширительную камеры, и конструкций впускных труб, уменьшающих скорости обтекания внутренних поверхностей потоком топливовоздушной смеси. Эти устройства позволяют снижать уровень шума впуска на 10—15 дБ по шкале А.

Уровень шума, при выпуске отработавших газов (при их истечении через выпускные клапаны), может достигать 120—130 дБ по шкале А. Чтобы уменьшить шум при выпуске, устанавливают активные или реактивные глушители.

Наиболее распространенные простые и дешевые активные глушители представляют собой многокамерные каналы, внутренние стенки которых изготовлены из звукопоглощающих материалов (рис. 92). Звук гасится в результате трения отработавших газов о внутренние стенки. Чем больше длина глушителя и меньше сечение каналов, тем интенсивнее гасится звук. Снижение уровня шума таким глушителем можно подсчитать по формуле

$$\Delta L = 1,3\alpha (P/S_K)l,$$



где  $\alpha$  — коэффициент звукопоглощения материала внутренних стенок;  $L$  — периметр внутреннего поперечного сечения, м;  $S_k$  — площадь поперечного сечения канала, м<sup>2</sup>;  $l$  — длина глушителя, м.

Реактивные глушители представляют собой сочетание элементов различной акустической упругости; снижение шума в них происходит вследствие многократного отражения звука и возвращения его к источнику. Следует помнить, что чем эффективнее работает глушитель, тем больше уменьшается эффективная мощность двигателя. Эти потери могут достигать 15% и более.

В процессе эксплуатации автомобилей необходимо тщательно следить за исправностью (прежде всего — герметичностью) впускного и выпускного трактов. Даже небольшая разгерметизация глушителя резко усиливает шум выпуска.

Шум в трансмиссии, ходовой части и кузове нового исправного автомобиля может быть уменьшен путем конструктивных усовершенствований. В коробке передач применяются синхронизаторы, косозубые шестерни постоянного зацепления, блокирующие конусные кольца и ряд других конструктивных решений. Получают распространение промежуточные опоры карданного вала, гипоидные главные передачи, менее шумные подшипники. Совершенствуются элементы подвески. В конструкциях кузовов и кабин широко используются сварка, шумоизолирующие прокладки и покрытия.

Шум в перечисленных выше частях и механизмах автомобилей может возникать и достигать значительных величин только при неисправностях отдельных узлов и деталей: поломке зубьев шестерни, коробления дисков сцепления, дисбалансе карданного вала, нарушении зазоров между зубчатыми колесами в главной передаче и т. д. Особенно резко возрастает шум автомобиля при неисправности различных элементов кузова.

Основной путь устранения шума — правильная техническая эксплуатация автомобиля.

## § 21. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ БЕЗОПАСНЫЕ АВТОМОБИЛИ

В 60-х годах в различных странах начал обсуждаться вопрос о создании конструкции безопасного автомобиля. Первоначально к безопасному автомобилю были предъявлены явно идеализированные требования. Считалось, что безопасный автомобиль либо вообще не может стать участником ДТП, либо, даже участвуя в ДТП, не может стать источником травм как для водителей и пассажиров, так и для других участников движения, включая пешеходов.

Естественно, что создание и массовый выпуск подобного автомобиля невозможен хотя бы из-за его нереально высокой стоимости. Однако в процессе работы над безопасным автомобилем появляются новые конструктивные решения, повышающие безопасность автомобиля. Некоторые из этих решений могут быть использованы при



создании автомобилей массового производства. Вследствие этого история создания безопасного автомобиля и его конструкция заслуживают внимания.

В 70-х годах, США, Япония и ряд стран Западной Европы разработали совместную программу создания опытных образцов экспериментальных безопасных автомобилей. Эта программа базировалась уже на реальной основе. Она предусматривала создание экспериментального безопасного автомобиля, в конструкцию которого были бы включены все устройства конструктивной безопасности, соответствующие современному техническому уровню. При этом стоимость таких устройств не должна была ограничивать их применение и совершенство конструкции.

В 1973 г. программа была разбита на три направления: американское (тяжелый автомобиль массой около 2000 кг); европейское (средний и малый автомобили массой около 1000 кг и 700 кг); японское (средний автомобиль массой около 900 кг).

Все программы объединены координационным центром, в рамках которого происходит периодический обмен информацией. В программе участвует ряд ведущих автомобильных фирм мира.

Экспериментальный безопасный автомобиль правильнее было бы называть автомобилем повышенной безопасности. В его конструкции предусматривается применение ряда усовершенствованных устройств активной, пассивной, послеаварийной и экологической безопасности. Большинство этих устройств или принципы их действия описаны в настоящем учебнике. Ниже излагается их перечень и классификация.

*Активная безопасность* экспериментального безопасного автомобиля повышается путем усовершенствования тормозной системы, рулевого управления, шин, приборов и устройств информативности и рабочего места водителя.

Тормозная система снабжена диагональным двухконтурным приводом; передние тормозные механизмы дисковые, задние — барабанного типа.

Рулевое управление имеет гидроусилитель, безопасную телескопическую рулевую колонку с прогрессивно увеличивающимся сопротивлением, тюльпанообразное рулевое колесо с пружинящими спицами и надувной подушкой, смонтированной на ступице.

Шины снабжены пластмассовыми кольцами, охватывающими диски колес, что позволяет продолжать движение даже на шине в спущенном состоянии со скоростью до 22 м/с, без увода автомобиля. Автомобиль с такой шиной может преодолеть расстояние до 80 км, т. е. исключается даже необходимость менять спущенную шину в дороге.

Автономное освещение автомобиля предусматривает наличие не менее четырех видов света: дальний свет для движения в свободном режиме в обычных условиях; ближний свет для стесненных условий движения (встречный разъезд, обгон, движение за лидером); широкоугольно-противотуманный свет для движения по горизонталь-



ным участкам с закруглениями и в городах, а также в атмосфере малой прозрачности (туман, ливень, пурга); скоростной свет для движения с особо высокой скоростью по усовершенствованным автомагистралям.

Перечисленные выше виды освещения обеспечиваются наличием на автомобиле фар нескольких типов, снабженных стеклоочистителями, стеклоомывателями и компенсаторами нагрузки. В перспективе предусматривается установка на экспериментальных безопасных автомобилях единых фар (ленточной фары на всю ширину передней части автомобиля), управляемых компьютерным устройством, автоматически меняющим вид освещения в зависимости от характера дорожно-транспортной ситуации.

Система световой сигнализации экспериментального безопасного автомобиля, кроме основных включает дополнительные сигнальные устройства (опасного состояния и увеличения габаритов автомобиля, противотуманные задние фонари, аварийную сигнализацию и др.), сигналы торможения и указатели поворотов — многорежимные с автоматическим бесступенчатым управлением.

Экспериментальные безопасные автомобили могут снабжаться радиолокационными детекторами расстояния, автоматически предотвращающими наезд на препятствие. Обзорность вперед и назад улучшается с помощью устройств перископного типа.

*Пассивная безопасность* экспериментального безопасного автомобиля — основная задача, решением которой заняты конструкторы. Это качество автомобиля особенно рекламируется, так как покупатели (а ими могут быть только немногие особо богатые люди), естественно, в первую очередь заботятся о безопасности пассажиров автомобиля.

Повышение пассивной безопасности автомобиля достигается усовершенствованием прежде всего кузова и его элементов: стоек, капота, дверей, бамперов, внутренних стенок, щитка приборов, топливного бака, стекол и многих других элементов. Экспериментальный безопасный автомобиль снабжен устройствами, фиксирующими положение людей в автомобиле (ремнями безопасности разнообразных конструкций, надувными подушками, подголовниками и т. п.). Перечисленные устройства позволяют обеспечивать безопасность водителя и пассажиров при столкновении автомобиля с неподвижным препятствием при скорости 22 м/с; столкновениях с другими автомобилями; при наезде сбоку со скоростью 20 м/с и сзади со скоростью 22 м/с, а также в случае опрокидывания при движении со скоростью 33 м/с.

Наибольшее внимание уделяется конструкции кузова. Двигатель отделяется от салона наклонной перегородкой высокой прочности так, чтобы при фронтальном ударе он смещался под днище салона. Салон представляет собой особо прочную конструкцию, выполненную в жестком каркасе. Спереди и сзади к каркасу салона крепятся энергопоглощающие, легкоминаемые передняя и задняя части. Конструкция кузова экспериментального безопасного авто-



мобиль включает дополнительные поперечные дуги безопасности в крыше, усиленную раму ветрового стекла, центральные стойки, задние угловые панели, усиленные двери, пороги дверей и перегородки, через которые проходит привод органов управления, передние и задние продольные элементы рамы. Для предотвращения самооткрывания при ДТП дверей и капота автомобиля применяются задвижки для фиксации капота в крыльях и фиксаторы дверей в порогах и стойках. Для панели приборов и рам дверных проемов используется высокопрочная низколегированная сталь, а для капота, задней двери и крышки багажника алюминиевый сплав, который способствует поглощению энергии удара.

Система пассивной безопасности экспериментального безопасного автомобиля дополнена для переднего сиденья надувными плечевыми ремнями с ограничителем усилия натяжения и упорами для коленей, установленными на переднем щитке. На заднем сиденье используются обычные комбинированные поясные и плечевые ремни безопасности с трехточечным креплением и ограничителями натяжения. Хомут на ремне для фиксации или освобождения человека при закрывании или открывании дверей перемещается при помощи оттяжного электродвигателя.

Дополнительная защита в кузове достигается введением дуг безопасности, а также облицованных мягким материалом стоек и энергопоглощающей рулевой колонки с рулевым валом, который отсоединяется от рулевого механизма при встречном столкновении автомобилей.

Оптимальная форма и жесткость передней части экспериментального безопасного автомобиля обеспечивают безопасность пешехода при наезде на него автомобиля со скоростью до 10 м/с.

*Послеаварийная безопасность* экспериментального безопасного автомобиля обеспечивается установкой ударопрочного топливного бака и пожаробезопасным расположением наливной горловины.

Разработка различных вариантов экспериментального безопасного автомобиля продолжается многими фирмами.

В настоящее время варианты экспериментальных безопасных автомобилей выполняются только в виде легковых автомобилей; их логическим развитием могут быть конструкции безопасных автобусов.



# ПРИЛОЖЕНИЕ I

## Нормативные документы по безопасности автомобилей

Правила ЕЭК ООН	Нормативные документы СССР
№ 1 (асимметричные фары ближнего и дальнего света)	ГОСТ 3544—75* «Фары дальнего и ближнего света автомобилей» ГОСТ 8769—75 «Приборы внешние световые автомобилей, тракторов, прицепов и других транспортных средств. Расположение, цвет, видимость»
№ 2 (лампы накаливания для асимметричных фар ближнего и дальнего света)	ГОСТ 2023—75* «Лампы накаливания электрические автомобильные. Технические условия»
№ 3 (световозвращатели — катафоты)	ОН 029 015—69 «Транспортные световозвращатели (катафоты). Форма и размеры, нормы светотехнических характеристик. Методы испытаний» ГОСТ 20961—75 «Световозвращатели автомобилей, автобусов, троллейбусов, тракторов и прицепов. Технические условия»
№ 4 (приспособления для освещения номерного знака)	ГОСТ 8769—75 ГОСТ 3545—75 «Фонари грузовых автомобилей. Габаритные и присоединительные размеры» ГОСТ 6964—72. «Фонари внешние сигнальные и осветительные автомобилей, тракторов, самоходных машин и прицепов. Технические требования» ГОСТ 10984—74 «Приборы внешние световые сигнальные автомобилей, тракторов, прицепов и других транспортных средств. Нормы и методы испытаний»
№ 5 (лампы-фары ближнего и дальнего света)	—
№ 6 (указатели поворотов)	ГОСТ 8769—75 ГОСТ 10984—74 ГОСТ 10984—74
№ 7 (подфарники задних красных фонарей и стоп-сигналов)	
№ 8 (асимметричные фары ближнего и дальнего света для галогенных ламп H <sub>1-3</sub> )	
№ 9 (внешний шум транспортных средств)	ГОСТ 19358—74*Е «Автомобили, автопоезда, автобусы, мотоциклы, мотороллеры, мопеды и мотовелосипеды. Внешний и внутренний шум. Предельно допустимые уровни. Методы измерения»



Правила ЕЭК ООН	Нормативные документы СССР
№ 10 (помехоподавительные устройства)	ГОСТ 17822—78 «Устройства с двигателями внутреннего сгорания. Нормы и методы испытаний на промышленные радиопомехи»
№ 11 (прочность замков и петель боковых дверей)	ОСТ 37.0001.032—72 «Замки и приводы замков дверей и багажников автомобилей и автобусов. Технические требования и методы испытаний»
	ОСТ 37.0001.033—72 «Навески (петли) дверные автомобилей, автобусов и троллейбусов. Технические требования и методы испытаний»
№ 12 (защита водителя от удара о рулевое управление)	ОСТ 37.0001.002—70 «Автомобили легковые. Безопасность конструкции рулевых управлений»
№ 13 (торможение транспортных средств)	ГОСТ 22895—77 «Тормозные системы автотранспортных средств. Технические требования»
	ГОСТ 23180—78 «Система сигнализации и контроля состояния тормозных систем автотранспортных средств. Общие технические требования»
	ГОСТ 23181—78 «Приводы тормозные гидравлические автотранспортных средств. Общие технические требования»
	ГОСТ 4364—67 «Приводы пневматические к тормозам автомобилей и автопоездов. Технические требования»
№ 14 (крепление ремней безопасности)	ГОСТ 21015—75 «Автомобили легковые. Места крепления ремней безопасности. Технические требования. Методы испытаний»
	ГОСТ 20304—74 «Манекен трехмерный посадочный. Конструкция и основные размеры. Технические требования»
№ 15 (загрязняющие отработавшие газы, выделяемые карбюраторным двигателем)	ГОСТ 17.2.2.03—77 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Нормы и методы определения»
№ 16 (ремни безопасности для взрослых пассажиров)	ОСТ 17213—72 «Лента для ремней безопасности автотранспортных средств. Технические требования и методы испытаний»
	ГОСТ 18837—82 «Ремни безопасности для водителей и пассажиров автотранспортных средств. Технические условия»
№ 17 (прочность сидений и их креплений)	ОСТ 37.001.009—70 «Автомобили легковые. Безопасность конструкций сидений. Технические требования и методы испытаний»
№ 18 (защита от неразрешенного пользования транспортным средством)	



Правила ЕЭК ООН	Нормативные документы СССР
№ 19 (противотуманные фары)	ГОСТ 8769—75, ГОСТ 3544—75*
№ 20 (фары с галогенными лампами H <sub>4</sub> )	—
№ 21 (внутреннее оборудование пассажирского помещения)	ОСТ 37.001.017—70 «Автомобили легковые, расположение органов управления. Безопасность конструкции. Технические требования» ОСТ 37.001.021—71 «Безопасность конструкции внутренней арматуры элементов оборудования автобусов и троллейбусов. Технические требования» ОСТ 37.001.012—70 «Автомобили, автобусы, троллейбусы. Обозначения условные на органах управления и сигнальных лампах» ОСТ 37.001.034—72 «Стеклоподъемники рычажных дверей автомобилей и автобусов. Технические требования и методы испытаний» ОСТ 37.003.017—73 «Выключатели кнопочные нажимные автомобильные. Типы. Габаритные и присоединительные размеры»
№ 22 (шлемы для мотоциклистов)	—
№ 23 (задние фары)	—
№ 24 (токсичность отработавших газов дизелей)	ГОСТ 21393—75. «Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений»
№ 25 (подголовники сидений)	ГОСТ 24309—80 «Автомобили легковые. Подголовники сидений. Технические требования и методы испытаний»
№ 26 (наружные выступы автомобиля)	ГОСТ 1902—74 «Буферы легковых автомобилей. Размеры» ОСТ 37.001.036—72 «Застежки капотов и багажников автомобилей и автобусов. Технические требования и методы испытаний»
№ 27 (предупреждающие треугольники)	ГОСТ 13887—75* «Зеркала наружные заднего вида грузовых автомобилей, автопоездов, автобусов и троллейбусов. Технические требования»
№ 28 (звуковая сигнализация)	ОСТ 37.001.210—78 «Безопасность конструкции автомобилей. Наружные выступы легковых автомобилей» ГОСТ 14929—76 «Ручки дверей кабины грузовых автомобилей» ГОСТ 8769—75
№ 27 (предупреждающие треугольники)	ОСТ 37.003.007—71 «Приборы звуковые сигнальные автомобильные. Типы, основные параметры»
№ 28 (звуковая сигнализация)	



Правила ЕЭК ООН	Нормативные документы СССР
№ 29 (защита лиц, находящихся в кабине грузовых транспортных средств)	ГОСТ 12.2.023—76 ССБТ. «Кабина. Рабочее место водителя. Расположение органов управления грузовых автомобилей, автобусов и троллейбусов. Основные размеры и технические требования» ГОСТ 10022—75 «Автобусы и троллейбусы городские. Пассажирское помещение. Основные параметры и размеры» ОСТ 37.001.019—71 «Безопасность конструкции сиденья водителя автобуса и троллейбуса. Технические требования» ГОСТ 20304—74 «Манекен трехмерный посадочный. Конструкция и основные размеры. Технические требования»
№ 30 (шины для легковых автомобилей и их прице- пы)	ГОСТ 4754—80* «Шины пневматические для легковых автомобилей. Технические условия» ГОСТ 5513—75* «Шины пневматические для грузовых автомобилей, автоприцепов, автобусов и троллейбусов. Технические условия»
№ 31 (фары с галогенными оптическими блоками типа SBH <sub>4</sub> )	—
№ 32 (ударно-прочностные свойства кузова при на- езде сзади)	ГОСТ 21959—76 «Автомобили легковые. Безопасность конструкций. Технические требования и методы испытаний в части ударно-прочностных свойств кузова при наезде сзади», ГОСТ 20304—74
№ 33 (ударно-прочностные свойства кузова при фронтальном ударе)	ГОСТ 21936—76 «Автомобили легковые. Технические требования и методы испытаний в части ударно-прочностных свойств кузова при фронтальном ударе» ГОСТ 20304—74
№ 34 (предотвращение воз- никновения пожара)	—
№ 35 (размещение педалей управления)	ГОСТ 24350—80 «Автомобили легковые. Ножные органы управления. Расположение. Технические требования. Методы испытаний», ГОСТ 12.2.023—76
№ 36 (планировка салона ав- тобуса)	ГОСТ 21777—76 «Автобусы дальнего следования. Пассажирское помещение. Основные размеры»
№ 37 (лампы накаливания)	ГОСТ 2023—75 «Лампы накаливания электрические автомобильные. Технические требования»
№ 38 (задний противотуман- ный фонарь)	ГОСТ 8769—75
№ 39 (автомобильные спидо- метры)	ГОСТ 1578—76 «Спидометры автомо- бильные и мотоциклетные с приводом от гибкого вала. Технические требования» ГОСТ 12936—67 «Спидометры автомо- бильные с электроприводом и питанием от бортовой сети. Технические требования»



Правила ЕЭК ООН	Нормативные документы СССР
№ 40 (токсичность отработавших газов транспортных двигателей с принудительным зажиганием)	ГОСТ 17.2.2.03—77 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Нормы и методы определения»
—	ОСТ 37.001.211—78 «Безопасность конструкции автомобилей. Внутреннее оборудование передней части салона кузовов легковых автомобилей. Технические требования и методы испытаний»
—	ГОСТ 22734—77 «Автомобили легковые. Обзорность с места водителя. Технические требования. Методы испытаний»
—	ОСТ 37001.209—78 «Зеркала заднего вида легковых автомобилей и автобусов особо малого класса. Технические требования»

## ПРИЛОЖЕНИЕ II

Международные стандарты (МС) по безопасности,  
разработанные международной организацией по стандартизации (ISO)

№ МС	Содержание
МС 611—76	Устройства тормозных систем автомобилей и прицепов. Термины и определения
МС 1728—75	Пневматические соединения привода тормозов между тягачом и прицепом
МС 3583—75	Клапаны контрольного вывода пневматических тормозных систем
МС 3803—76	Штуцер для определения давления в гидравлической тормозной системе
МС 3871—76	Контейнеры для тормозной жидкости. Маркировка
МС 3337—73	Сцепной шкворень полуприцепов. Размеры
МС 1102—75	Механические соединения тягачей и прицепов. Взаимозаменяемость
МС 1726—73	Механические соединения тягачей и полуприцепов. Взаимозаменяемость
МС 3584—75	Монтаж механических сцепных устройств на задней поперечине рамы грузовых автомобилей
МС 3842—76	Монтажные размеры седельно-сцепных устройств
МС 1185—70	Электрические соединения между тягачом и прицепом с электрооборудованием напряжением 24 В типа 24
МС 1103—76	Шаровые соединения для караванов и легких прицепов
МС 2890—73	Караваны и легкие прицепы. Вакуумная тормозная система. Технические требования



№ МС	Содержание
МС 3162—74	Караваны и легкие прицепы. Соединения для вакуумных тормозных систем. Размерные характеристики
МС 3854—76	Методы измерения времени срабатывания вакуумной тормозной системы
МС 3173—74	Измерение оптической плотности отработавших газов дизелей на установившемся режиме
МС 3929—76	Методы измерения СО на холостом ходу
МС 3930—76	Технические условия на оборудование для анализа окиси углерода
МС 4011—76	Прибор для определения дымности отработавших газов дизелей
МС 1176—74	Автомобили. Весовые характеристики. Термины и определения
МС 2416—76	Распределение нагрузки на легковых автомобилях
МС 512—74	Сигнальные звуковые приборы автомобилей. Акустические нормы и технические условия
МС 3267—75	Стеклоочистители фар автомобилей
МС 3559—76	Методы измерения рабочего напряжения новых дорожных автомобилей, оборудованных свинцово-кислотными аккумуляторными батареями
МС 3560—75	Методы испытаний автомобилей на фронтальный удар
МС 3784—76	Измерение скорости в момент удара при испытании автомобиля на столкновение
МС 3536/1—76	Безопасные стекла. Терминология
МС 3537—75	Безопасные стекла. Методы испытаний механических свойств
МС 3538—75	Безопасные стекла. Методы испытаний оптических свойств
МС 3917—76	Методы испытаний безопасных стекол на сопротивление радиации, высоким температурам, влажности и на огнестойкость
МС 2575—75	Обозначения органов управления, указателей и сигнальных устройств (части 1—3)
МС 3409	Расположение органов ножного управления. Расстояние между педалями
МС 2958—73	Легковые автомобили. Наружные противоударные устройства
МС 3437—75	Определение опасности воспламенения и утечки топлива при столкновении автомобилей
МС 3795—76	Определение воспламеняемости внутренних материалов кузова автомобиля
МС 3468—76	Методы испытаний системы обогрева ветрового стекла легковых автомобилей
МС 3469—75	Методы испытаний системы обмыва ветрового стекла
МС 3470—76	Методы испытаний системы, предохраняющей от запотевания ветровое стекло легковых автомобилей
МС 2175—72	Рулевые колеса. Номинальные размеры и нагрузки
МС 3208—74	Оценка энергопоглощающих свойств внутреннего оборудования



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бажанов А. К., Дьяков А. Б., Коноплянко В. И. Информативность автомобиля. М.: МАДИ, 1976. 82 с.

Бена З., Госковец Н., Штикар Н. Психология и физиология шофера. М.: Транспорт, 1965. 167 с.

Великанов Д. П. Автомобильные транспортные средства. М.: Транспорт, 1978. 323 с.

Гуревич Л. В., Меламуд Р. А. Тормозное управление автомобиля. М.: Транспорт, 1978. 152 с.

Дьяков А. Б. Автомобильная светотехника и безопасность движения. М.: Транспорт, 1973. 123 с.

Иларионов А. А. Эксплуатационные свойства автомобиля. М.: Машиностроение, 1966. 312 с.

Коршаков И. К. Пассивная безопасность автомобиля. М.: МАДИ, 1979. 87 с.

Немцов Ю. М., Майборода О. В. Эксплуатационные качества автомобиля, регламентированные требованиями безопасности движения. М.: Транспорт, 1977. 140 с.

Проценко В. Б. Организация рабочего места водителя. М.: ВНИИТЭ, 1973. 135 с.

Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М.: Транспорт, 1977. 303 с.

Скобелев В. М. Световые приборы автомобилей и тракторов. М.: Энергоиздат, 1981. 280 с.

Фоменко А. Я., Белятинский А. А., Тодоренко Н. Е. Снижение автотранспортного шума в городах. Киев: Техника, 1979. 104 с.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава I. Виды безопасности автомобиля и нормативные документы	4
§ 1. Дорожно-транспортное происшествие и виды безопасности автомобиля . . . . .	4
1. Понятие о дорожно-транспортном происшествии . . . . .	4
2. Виды безопасности . . . . .	7
§ 2. Нормативные документы по конструктивной безопасности автомобиля . . . . .	8
Глава II. Активная безопасность автомобиля . . . . .	13
§ 3. Эксплуатационные свойства автомобиля . . . . .	13
1. Автомобиль как основной элемент транспортного потока . . . . .	13
2. Измерители и показатели эксплуатационных свойств . . . . .	15
§ 4. Компонентные параметры автомобиля . . . . .	15
1. Габаритные параметры . . . . .	20
2. Весовые параметры . . . . .	21
§ 5. Тяговая динамичность автомобиля . . . . .	21
1. Измерители и показатели тяговой динамичности . . . . .	21
2. Силы, действующие на автомобиль . . . . .	25
3. Максимальные скорость и ускорение автомобиля . . . . .	27
4. Время и путь обгона . . . . .	35
5. Влияние технического состояния автомобиля на тяговую динамичность . . . . .	37
6. Пути повышения тяговой динамичности автомобиля . . . . .	37
§ 6. Тормозная динамичность автомобиля . . . . .	37
1. Значение тормозной динамичности для безопасности дорожного движения . . . . .	39
2. Измерители и показатели тормозной динамичности . . . . .	43
3. Замедление, время и путь при торможении автомобиля . . . . .	48
4. Испытание автомобилей на тормозную динамичность . . . . .	52
5. Время и путь незавершенного обгона . . . . .	55
6. Влияние технического состояния автомобиля на тормозную динамичность . . . . .	58
7. Пути повышения тормозной динамичности автомобиля . . . . .	66
§ 7. Устойчивость автомобиля . . . . .	66
1. Измерители и показатели устойчивости . . . . .	67
2. Курсовая устойчивость . . . . .	71
3. Поперечная устойчивость . . . . .	78
4. Устойчивость переднего и заднего мостов . . . . .	81
5. Продольная устойчивость . . . . .	81
§ 8. Управляемость автомобиля . . . . .	81
1. Значение управляемости автомобиля для безопасности движения . . . . .	85
2. Поворачиваемость автомобиля . . . . .	92
§ 9. Плавность хода автомобиля . . . . .	92
1. Значение плавности хода автомобиля для безопасности движения . . . . .	95
2. Отрыв колес от дороги . . . . .	95



§10. Влияние технического состояния автомобиля на его устойчи-	96
вость, управляемость и плавность хода . . . . .	102
§ 11. Виды информативности автомобиля . . . . .	105
§12. Внешняя визуальная информативность автомобиля . . . . .	105
1. Кузов автомобиля . . . . .	106
2. Световозвращатели . . . . .	109
3. Система автономного освещения автомобиля . . . . .	123
4. Система внешней световой сигнализации автомобиля . . . . .	127
§ 13. Внутренняя визуальная информативность автомобиля . . . . .	127
1. Панель приборов . . . . .	131
2. Обзорность автомобиля . . . . .	135
§ 14. Звуковая информативность автомобиля . . . . .	136
1. Звуковые сигнализаторы . . . . .	137
2. Несущая волна . . . . .	137
§ 15. Рабочее место водителя . . . . .	138
1. Сиденье . . . . .	143
2. Органы управления . . . . .	147
3. Физико-химические условия на рабочем месте водителя . . . . .	153
4. Системы вентиляции, отопления и кондиционирования . . . . .	156
<b>Глава III. Пассивная безопасность автомобиля . . . . .</b>	<b>156</b>
§ 16. Оценка пассивной безопасности . . . . .	156
§ 17. Внутренняя пассивная безопасность . . . . .	162
1. Уменьшение инерционных нагрузок . . . . .	162
2. Ограничение перемещения людей . . . . .	167
3. Устранение гравмоопасных деталей . . . . .	177
§ 18. Внешняя пассивная безопасность . . . . .	180
<b>Глава IV. Послеаварийная и экологическая безопасность . . . . .</b>	<b>189</b>
§ 19. Послеаварийная безопасность . . . . .	189
1. Опасные явления, возникающие после ДТП . . . . .	189
2. Устройства и приборы послеаварийной безопасности . . . . .	189
§ 20. Экологическая безопасность . . . . .	191
1. Влияние автомобилизации на окружающую среду . . . . .	191
2. Токсичность отработавших газов . . . . .	193
3. Методы уменьшения загрязнения окружающей среды автомо-	
билями . . . . .	195
4. Шум от автомобилей . . . . .	197
5. Методы снижения уровня шума автомобилей . . . . .	199
§ 21. Экспериментальные безопасные автомобили . . . . .	200
Приложение I. . . . .	204
Приложение II. . . . .	208
Список литературы . . . . .	210



ИБ № 2446

Леонид Леонидович АФАНАСЬЕВ, Александр Борисович ДЬЯКОВ,  
Виталий Алексеевич ИЛАРИОНОВ

## КОНСТРУКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Редактор И. А. Хороманская  
Художественный редактор С. С. Водчик  
Технический редактор Н. Н. Чистякова  
Корректоры Л. Л. Георгиевская, О. Е. Мишина  
Оформление художника О. В. Камаева

Сдано в набор 19.08.82. Подписано в печать 17.01.83. Т-04010  
Формат 60×90/16 Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная  
Печать высокая. Усл. печ. л. 13,5. Усл. кр.-отт. 13,75. Уч.-изд. л. 15,1.  
Тираж 20 000 экз. Зак. 1102. Цена 65 к.

Ордена Трудового Красного Знамени  
издательство «Машиностроение», 107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
Москва, 129041, Б. Переяславская, 46



## ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

### Новая литература по автомобилестроению

*Выпуск 1983 года*

Брянский Ю. А. Управляемость большегрузных автомобилей. 15 л., ил. 80 к.

Каталог деталей автомобилей ГАЗ-66-01 и ГАЗ-66-05/Горьковский автоб. з-д. 33 л., ил. В пер.; 2 р. 90 к.

Каталог деталей автомобиля ГАЗ-52-04/Горьковский автоб. з-д. 31 л., ил. В пер.; 2 р. 80 к.

Каталог деталей грузового автомобиля ГАЗ-53А/Горьковский автоб. з-д. 31 л., ил. В пер.; 2 р. 80 к.

Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости: Учебник для вузов/Н. Ф. Бочаров, А. А. Полунгян, В. М. Семенов и др. 20 л., ил. В пер.; 85 к.

Луканин А. И., Сиянин С. С. Устройство автомобиля «Москвич-1500» мод. 2140 и 2137: Комплект плакатов на 30 листах. 9 р.

Марголис С. Я. Мосты автомобилей и автопоездов. 12 л., ил. 60 к.

Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник/А. И. Гришкевич, Б. У. Бусел, Г. Ф. Бутусов и др. 26 л., ил. В пер.; 1 р. 80 к.

Пятков К. Б., Новокшенов К. В. Схема электрооборудования и смазки автомобилей ВАЗ-2101 и ВАЗ-2102: Плакат на 1 листе. 50 к.

Пятков К. Б., Новокшенов К. В. Схема электрооборудования и смазки автомобиля ВАЗ-2103. Плакат на 1 листе. 50 к.

Раймпель Е. Шасси автомобиля: В 3-х томах. Т. 1. Конструкция и кинематика подвески колес. Расчет, выбор материала, экономичность конструкции. Шасси и автомобиль в целом. Колеса и шины. Сокр. пер. с нем. 27 л., ил. В пер.; 2 р.

Розен Г. М., Убрятов А. А., Петин А. А. Механизация и автоматизация листовой штамповки в автомобилестроении, 23 л., ил. В пер.: 1 р. 60 к.

Рябчинский А. И. Пассивная безопасность автомобиля. 12 л., ил. 65 к.

Савельев Г. В. Автомобильные колеса. 13 л., ил. 70 к.

Степанов А. П. Конструирование и расчет плавающих машин. 16 л., ил. В пер.: 1 р. (По подписке).

По всем вопросам приобретения новых книг и плакатов, в том числе оформления предварительных заказов и подписки, читателям следует обращаться непосредственно в местные магазины, распространяющие техническую литературу, а также в специализированные магазины — опорные пункты издательства «Машиностроение».



## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

С целью получения информации о качестве наших изданий просим Вас в прилагаемой анкете подчеркнуть позиции, соответствующие Вашей оценке данной книги:

### 1. Необходимость издания:

значительная

незначительная

### 2. Эффективность книги с точки зрения практического вклада в отрасль:

высокая, средняя

незначительная

### 3. Эффективность книги с точки зрения теоретического вклада в отрасль:

высокая, средняя

незначительная

### 4. Материал книги соответствует достижениям науки и техники в данной отрасли:

в полной мере

частично

слабо

### 5. Книга сохранит свою актуальность:

1—2 года

в течение 5 лет

длительное время

Линия отреза



6. Название книги отвечает содержанию:

в полной мере,  
частично

7. Оформление книги:

хорошее  
удовлетворительное

Фамилия, имя, отчество \_\_\_\_\_

Ученое звание \_\_\_\_\_

Место работы, должность \_\_\_\_\_

Стаж работы \_\_\_\_\_

Дополнительные замечания приложите отдельно.

Благодарим Вас за помощь издательству.

Заполненную анкету вышлите по адресу:  
107076, Москва, Стромынский пер., д. 4.  
Издательство «Машиностроение».

Л. Л. АФАНАСЬЕВ, А. Б. ДЬЯКОВ, В. А. ИЛАРИОНОВ  
КОНСТРУКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ



Линия отреза

НОВ

Билля



65 коп.





КОИСТАЯ БИЗОПЛАХОТЪ АВТОМОБИЛЯ